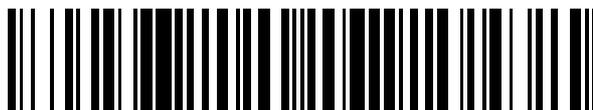


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 559 128**

51 Int. Cl.:

**A47L 9/28** (2006.01)

**A47L 9/00** (2006.01)

**A47L 9/04** (2006.01)

**G05D 1/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.05.2008 E 12195256 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.10.2015 EP 2574265**

54 Título: **Robot autónomo de cubrimiento compacto**

30 Prioridad:

**09.05.2007 US 917065 P**

**17.05.2007 US 938699 P**

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

**10.02.2016**

73 Titular/es:

**IROBOT CORPORATION (100.0%)**

**8 Crosby Drive**

**Bedford, MA 01730, US**

72 Inventor/es:

**SCHNITTMAN, MARK;**

**DUBROVSKY, ZIVTHAN A.;**

**MAMMEN, JEFFREY W. y**

**SOLOCHEK, AARON**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 559 128 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

Robot autónomo de cubrimiento compacto

Campo técnico

La presente invención se refiere a robots autónomos de cubrimiento para la limpieza de suelos u otras superficies.

### 5 Antecedentes

Los robots autónomos son robots que pueden realizar tareas deseadas en ambientes no estructurados sin guía humana continua. Muchas clases de robots son autónomos en algún grado. Diferentes robots pueden ser autónomos en diferentes formas. Un robot autónomo de cubrimiento cruza una superficie de trabajo sin guía humana  
10 continua para realizar una o más tareas. En el campo de la robótica orientada al hogar, a la oficina y/o al consumidor, se han adoptado ampliamente robots móviles que realizan funciones domésticas tales como aspirar, lavar el suelo, vigilar, cortar el césped y otras tareas.

Robots móviles para la limpieza de suelos se han descrito, por ejemplo, en el documento de patente US 6.883.201 de Jones et al. ("JONES"), que describe un robot autónomo para la limpieza de suelos que cruza un suelo mientras  
15 retira residuos usando cepillos giratorios, aspiradoras u otros mecanismos de limpieza. JONES describe además un robot que tiene un diseño generalmente redondo soportado por tres ruedas, que pueden girar libremente para maniobrar, entre otras cosas, alrededor de obstáculos.

La publicación de patente internacional WO 03/024292 A2 describe un colector de polvo de tipo de suelo desplazable que comprende al menos un accionador electromotriz, un recipiente colector de polvo y una cubierta de  
20 protección. La forma básica del dispositivo difiere de la de un círculo. Con miras a producir el colector de polvo de tipo de suelo desplazable mencionado anteriormente, y en concreto, con miras a mejorar su función de limpieza, su forma básica consiste en una sección circular y en una sección con una forma que tiende a ser rectangular. La sección rectangular está dispuesta aguas arriba en la dirección de desplazamiento.

Resumen

La invención se refiere a un robot autónomo de cubrimiento como se expone en la reivindicación 1. En las  
25 reivindicaciones dependientes 2 a 15, se describen realizaciones preferidas.

A continuación, se describe un robot móvil compacto para la limpieza de suelos, encimeras y otras superficies relacionadas, tales como baldosas, suelos de madera o enmoquetados. El robot tiene un diseño frontal rectangular que facilita la limpieza a lo largo de bordes de pared o en esquinas. En un ejemplo, el robot incluye tanto una  
30 sección redondeada como una sección rectangular, en el que un mecanismo de limpieza dentro de la sección rectangular está dispuesto proximalmente a esquinas laterales opuestas de la sección rectangular. Como ventaja, el robot puede maniobrar con el fin poner la sección rectangular al mismo nivel que una esquina de pared o un borde de pared, con el mecanismo de limpieza extendiéndose hacia la esquina de pared o el borde de pared.

Aún en un otro aspecto, un robot autónomo de cubrimiento incluye un chasis que tiene unas partes delantera y posterior, y un sistema de accionamiento portado por la parte posterior del chasis. La parte delantera define una  
35 forma sustancialmente rectangular y la parte posterior del chasis define una forma arqueada. El sistema de accionamiento está configurado para maniobrar el robot sobre una superficie de limpieza e incluye ruedas motrices derecha e izquierda accionadas de manera diferencial por motores correspondientes derecho e izquierdo. El robot incluye un controlador en comunicación con el sistema de accionamiento. El controlador está configurado para maniobrar el robot a fin de que pivote sobre sí mismo. El robot incluye un conjunto de limpieza montado en la parte  
40 delantera del chasis. El robot incluye un acelerómetro en comunicación con el controlador, que controla el sistema de accionamiento en respuesta a una señal recibida desde el acelerómetro. En algunas aplicaciones, el robot incluye un compartimento de basura dispuesto adyacente al conjunto de limpieza y configurado para recibir residuos agitados por el conjunto de limpieza.

Aplicaciones de este aspecto de la descripción pueden incluir una o más de las siguientes características. En  
45 algunas aplicaciones, el controlador cambia una dirección de desplazamiento del robot en respuesta a una señal recibida desde el acelerómetro que indica un cambio brusco de velocidad. El controlador cambia una dirección de desplazamiento del robot en respuesta a una señal recibida desde el acelerómetro que indica estasis del robot. El controlador reduce una velocidad de accionamiento del robot en respuesta a una señal recibida desde el acelerómetro que indica una velocidad máxima. En algunos ejemplos, la velocidad máxima es de entre  
50 aproximadamente 200 mm/s y aproximadamente 400 mm/s.

Aplicaciones de los aspectos anteriores de la descripción pueden incluir una o más de las siguientes características. En algunas aplicaciones, el conjunto de limpieza incluye un primer cepillo de rodillo montado de manera giratoria sustancialmente cerca de un borde delantero del chasis. El conjunto de limpieza puede incluir un segundo cepillo de

rodillo montado de manera giratoria sustancialmente paralelo al primer cepillo de rodillo y por detrás del mismo, los cepillos de rodillo primero y segundo giran en direcciones opuestas. El compartimento de basura está dispuesto por detrás de los cepillos de rodillo primero y segundo y por delante del sistema de accionamiento. Cada cepillo de rodillo incluye cepillos extremos derecho e izquierdo que se extienden desde extremos respectivos del cepillo de rodillo más allá de un lateral que es una extensión del cuerpo, extendiéndose cada cepillo extremo en un ángulo  $\phi$  de entre  $0^\circ$  y aproximadamente  $90^\circ$  desde un eje longitudinal definido por el cepillo de rodillo. En otras aplicaciones, el conjunto de limpieza incluye un cepillo de rodillo delantero montado de manera giratoria sustancialmente cerca del borde delantero del chasis, y cepillos de rodillo laterales derecho e izquierdo montados de manera giratoria perpendiculares al cepillo delantero, sustancialmente cerca de los respectivos bordes laterales derecho e izquierdo del chasis. El compartimento de basura está dispuesto por detrás del cepillo de rodillo delantero y sustancialmente entre los cepillos de rodillo laterales derecho e izquierdo y por delante del sistema de accionamiento.

Aplicaciones de la descripción pueden incluir una o más de las siguientes características. En algunas aplicaciones, las ruedas motrices derecha e izquierda están montadas de manera giratoria en la parte posterior del chasis y el sistema de accionamiento es capaz de maniobrar el robot para pivotar sobre sí mismo. Preferiblemente, la parte posterior del chasis define una forma arqueada; sin embargo, también son posibles otras formas, tales como rectangular o poligonal. En algunos ejemplos, la parte posterior del chasis define una forma sustancialmente semicircular y los ejes de las ruedas motrices derecha e izquierda están dispuestos sobre o por detrás de un eje central definido por la parte posterior del chasis. En algunas aplicaciones, el chasis y el cuerpo juntos tienen una longitud menor de 23 cm y una anchura menor de 19 cm.

En algunas aplicaciones, el robot incluye al menos un sensor de proximidad portado por un lado dominante del robot. El al menos un sensor de proximidad responde a un obstáculo sustancialmente cerca del cuerpo. El controlador cambia una dirección de desplazamiento en respuesta a una señal recibida desde el al menos un sensor de proximidad.

En algunas aplicaciones, el robot incluye al menos un sensor de desnivel portado por una parte delantera del cuerpo y dispuesto sustancialmente cerca de un borde delantero del cuerpo. El al menos un sensor de desnivel responde a un posible desnivel por adelante del robot. El sistema de accionamiento cambia una dirección de desplazamiento en respuesta a una señal recibida desde el sensor de desnivel que indica un posible desnivel. En algunos ejemplos, unos sensores de desnivel delanteros derecho e izquierdo están dispuestos en esquinas correspondientes derecha e izquierda de una parte delantera del robot. Esto permite al robot detectar el momento en el que oscila cualquiera de las esquinas delanteras sobre un borde de desnivel, a fin de evitar que las ruedas motrices se acerquen al borde de desnivel. En algunas aplicaciones, el robot incluye al menos un sensor de desnivel portado por una parte posterior del cuerpo y dispuesto sustancialmente cerca del borde posterior del cuerpo. El al menos un sensor de desnivel responde a un posible desnivel por detrás del robot. El sistema de accionamiento cambia una dirección de desplazamiento en respuesta a una señal recibida desde el sensor de desnivel que indica un posible desnivel. En algunos ejemplos, unos sensores de desnivel posteriores derecho e izquierdo están dispuestos directamente por detrás de las ruedas motrices derecha e izquierda. Esto permite al robot detectar un borde de desnivel mientras se desplaza marcha atrás en un ángulo o en un arco, en el que la rueda motriz puede encontrar el borde de desnivel antes que la parte central posterior del robot.

En algunas aplicaciones, el robot incluye una rueda loca dispuesta sobre la cubierta del compartimento de basura. Preferiblemente, la parte posterior del chasis define una forma sustancialmente semicircular, que permite que el robot gire sobre sí mismo sin atrapar ninguna porción de la parte posterior del chasis en un obstáculo detectado. La rueda loca está situada al menos a un tercio del radio de la parte posterior con forma sustancialmente semicircular por delante de las ruedas motrices. En algunos ejemplos, la rueda loca es un detector de estasis que incluye un imán dispuesto en o sobre la rueda loca, y un detector de imán dispuesto adyacente a la rueda para detectar el imán a medida que gira la rueda loca.

En otros aspectos más generales que se pueden combinar con cualquiera de las aplicaciones anteriores, un robot autónomo de cubrimiento incluye un chasis y un sistema de accionamiento portado por el chasis. El sistema de accionamiento está configurado para maniobrar el robot sobre una superficie de limpieza. En algunos ejemplos, el sistema de accionamiento incluye ruedas motrices accionadas de manera diferencial derecha e izquierda; sin embargo, también se pueden aplicar otros medios de accionamiento de robot, tales como pistas de dirección deslizante. En algunos ejemplos, el chasis tiene partes delantera y posterior, con la parte delantera definiendo una forma sustancialmente rectangular. Opcionalmente, la parte posterior puede definir una forma arqueada.

En algunas aplicaciones, el robot incluye un conjunto de limpieza montado en la parte delantera del chasis (por ejemplo, sustancialmente cerca de un borde delantero del chasis). Un compartimento de basura está dispuesto adyacente al conjunto de limpieza y configurado para recibir residuos agitados por el conjunto de limpieza. En algunos ejemplos, una cubierta de compartimento de basura está unida de manera pivotante al robot y está configurada para girar entre una primera posición cerrada, que proporciona el cierre de una abertura definida por el compartimento de basura, y una segunda posición abierta, que proporciona el acceso a la abertura de compartimento de basura. En otros ejemplos, la cubierta de compartimento de basura está unida de manera deslizable al robot y se desliza entre la primera posición cerrada y la segunda posición abierta.

5 En algunas aplicaciones, un cuerpo está fijado al chasis. El cuerpo puede adaptarse al perfil del chasis. En algunos ejemplos, el cuerpo es flexible o está fijado de manera móvil al chasis. El robot puede incluir un asa para transportar el robot. El asa puede estar dispuesta en el cuerpo o en el chasis. Si el asa está dispuesta en el chasis, se permite que el cuerpo se mueva con respecto al asa y / o al chasis. El robot puede incluir una liberación de cubierta de compartimento de basura configurada para controlar el movimiento de la cubierta de compartimento de basura entre sus posiciones primera y segunda. Preferiblemente, la liberación de cubierta de compartimento se puede accionar desde sustancialmente cerca del asa. Sin embargo, la liberación de cubierta de compartimento de basura se puede accionar desde sustancialmente cerca de o sobre la cubierta de compartimento de basura.

10 En algunas aplicaciones, el robot incluye un sensor antichoque, que puede estar configurado para detectar el movimiento en múltiples direcciones. En algunos ejemplos, el contacto con el cuerpo se traslada al sensor antichoque para la detección. El robot puede incluir un controlador configurado para modificar una dirección de desplazamiento del robot en respuesta a una señal recibida desde el sensor antichoque. En algunos ejemplos, el robot incluye un acelerómetro en comunicación con el controlador, de manera que el controlador controla el sistema de accionamiento en respuesta a una señal recibida desde el acelerómetro.

15 Los detalles de una o más aplicaciones de la descripción se exponen en los dibujos que se acompañan y en la siguiente descripción. Otras características, objetos y ventajas quedarán claros a partir de la descripción y los dibujos, y de las reivindicaciones.

#### Descripción de los dibujos

La figura 1 es una vista en perspectiva superior de un robot autónomo de cubrimiento compacto.

20 La figura 2 es una vista en perspectiva inferior del robot que se muestra en la figura 1.

La figura 3 es una vista superior del robot que se muestra en la figura 1.

La figura 4 es una vista inferior del robot que se muestra en la figura 1.

La figura 5 es una vista despiezada del aspecto superior que se muestra en la figura 1.

La figura 6 es una vista frontal del robot que se muestra en la figura 1.

25 La figura 7 es una vista posterior del robot que se muestra en la figura 1.

La figura 8 es una vista lateral izquierda del robot que se muestra en la figura 1, con una cubierta de compartimento de basura en su posición abierta.

La figura 9 es una vista lateral derecha del robot que se muestra en la figura 1.

La figura 10 es una vista en perspectiva superior de un robot autónomo de cubrimiento compacto.

30 La figura 11A es una vista lateral de un detector de estasis.

La figura 11B es una vista superior esquemática de un robot autónomo de cubrimiento compacto.

La figura 11C es una vista esquemática lateral de un robot autónomo de cubrimiento compacto.

La figura 12A es una vista superior de un robot autónomo de cubrimiento compacto deslizándose a lo largo de una pared.

35 La figura 12B es una vista superior de un robot autónomo de cubrimiento compacto chocando con una pared.

La figura 13A es una vista superior esquemática de un robot autónomo de cubrimiento compacto con una guía de parachoques.

La figura 13B es una vista en sección lateral de un sensor antichoque.

La figura 13C es una vista superior esquemática de un sistema de sensor antichoque con una guía de parachoques.

40 La figura 13D es una vista en perspectiva de un sistema de sensor antichoque.

La figura 14 es un diagrama de contorno sombreado de la vista del robot de limpieza compacto que se muestra en la figura 3.

La figura 15 es una vista en perspectiva despiezada de un sensor omnidireccional.

La figura 16 es una vista lateral del sensor omnidireccional que se muestra en la figura 15.

La figura 17 es una vista en perspectiva superior de un robot autónomo de cubrimiento compacto.

La figura 18 es una vista en perspectiva inferior del robot que se muestra en la figura 17.

La figura 19 es una vista superior del robot que se muestra en la figura 17.

5 La figura 20 es una vista inferior del robot que se muestra en la figura 17.

La figura 21 es una vista despiezada del aspecto superior que se muestra en la figura 17.

La figura 22 es una vista frontal del robot que se muestra en la figura 17.

La figura 23 es una vista posterior del robot que se muestra en la figura 17.

10 La figura 24 es una vista lateral izquierda del robot que se muestra en la figura 17, con una cubierta de compartimento de basura en su posición abierta.

La figura 25 es una vista lateral derecha del robot que se muestra en la figura 17.

La figura 26 es una vista oblicua de un robot de limpieza compacto que tiene forma rectangular, cruzando un borde de pared.

La figura 27 es una vista en planta de un robot de limpieza compacto que navega a ras hacia una esquina de pared.

15 La figura 28 es una vista en planta de un robot redondo que navega hacia una esquina de pared, ilustrando un espacio que no puede cruzar el robot.

Las figuras 29 a 32 proporcionan en conjunto una vista esquemática de un circuito de control para un robot autónomo de cubrimiento.

20 La figura 33 es una vista esquemática de una arquitectura de software para un sistema de comportamiento de robot autónomo de cubrimiento.

Los símbolos de referencia similares en los diferentes dibujos indican elementos similares.

#### Descripción detallada

25 Refiriéndonos a las figuras 1 a 3, un robot autónomo de cubrimiento 100 incluye un chasis 200 que tiene una parte delantera 210 y una parte posterior 220. La parte delantera 210 del chasis 200 define una forma sustancialmente rectangular. En el ejemplo mostrado, la parte posterior 220 del chasis 200 define una forma arqueada (por ejemplo, en el ejemplo mostrado, la parte posterior 220 es redondeada); sin embargo, la parte posterior 220 puede definir también otras formas, tales como, aunque no limitadas a, rectangular, triangular, puntiaguda, o formas onduladas.

30 Refiriéndonos a las figuras 1 y 5, el robot 100 incluye un cuerpo 300 configurado para seguir sustancialmente los contornos del chasis 200. El cuerpo 300 puede estar conectado de manera flexible al chasis 200 (por ejemplo, mediante un resorte o elemento elástico), para que se mueva sobre el chasis 200. En algunos ejemplos, un asa 330 está dispuesta en o definida por una parte superior del cuerpo 300. En otros ejemplos, el asa 330 está asegurada en o se extiende desde una pieza de montaje 332, que está asegurada en una parte superior 205 del chasis 200. La pieza de montaje 332 puede ser extraíble e intercambiable por otras piezas de montaje 332 que tienen diferentes disposiciones o portan otros componentes (por ejemplo, diferentes asas 330 y / o sensores). El cuerpo 300 se mueve con respecto a la pieza de montaje 332 y al chasis 200. En el ejemplo mostrado, el cuerpo 300 flota por debajo de la pieza de montaje 332. La pieza de montaje 332 puede ser circular y estar dimensionada para ser desplazada desde una abertura respectiva definida por una parte superior (305) del cuerpo 300, a fin de proporcionar un límite de desplazamiento de 360° para el movimiento del cuerpo (por ejemplo, entre 2 y 4 mm de movimiento de parachoques) debido al contacto con el cuerpo (por ejemplo, a lo largo de una parte inferior 303 del cuerpo 300 (véase la figura 8)). El robot 100 (incluyendo el chasis 200 y el cuerpo 300) tiene un tamaño compacto con una longitud de menos de 23 cm y una anchura de menos de 19 cm.

45 Refiriéndonos a las figuras 4 y 5, el robot 100 incluye un sistema de accionamiento 400 portado por el chasis 200 y configurado para maniobrar el robot 100 sobre una superficie de limpieza. En el ejemplo mostrado, el sistema de accionamiento 400 incluye ruedas motrices derecha e izquierda 410 y 420, respectivamente, que son accionadas de manera diferencial por motores de accionamiento correspondientes derecho e izquierdo 412 y 422, respectivamente. Los motores de accionamiento 412, 422 están montados por encima de sus respectivas ruedas motrices 410, 420, en el ejemplo mostrado, para ayudar a mantener el tamaño compacto del robot 100. Sin embargo, otras aplicaciones

5 incluyen tener los motores de accionamiento 412, 422 montados adyacentes (por ejemplo, coaxialmente con) a sus respectivas ruedas motrices 410, 420. En algunos ejemplos, el robot incluye una caja de cambios 414, 424 acoplada entre la rueda motriz 410, 420 y su respectivo motor de accionamiento 412, 422. Las cajas de cambios 414, 424 y los motores de accionamiento 412, 422 están configurados para propulsar el robot a una velocidad máxima de entre aproximadamente 200 mm/s y aproximadamente 400 mm/s (preferiblemente 306 mm/s) y con una aceleración máxima de aproximadamente 500 mm/s<sup>2</sup>. En algunas aplicaciones, los ejes centrales de las ruedas motrices 410, 420 están dispuestos a menos de 9 cm (preferiblemente 8 cm) por detrás de un conjunto de limpieza 500, que se describirá a continuación. El robot 100 incluye un controlador 450 en comunicación con el sistema de accionamiento 400. El controlador 450 está configurado para maniobrar el robot 100 para que pivote sobre sí mismo.

10 La ventaja del robot cilíndrico convencional con ruedas motrices dispuestas en el diámetro del robot es que su giro no se va a ver obstaculizado en presencia de obstáculos. Esto permite una estrategia de escape simple y eficaz, girar sobre sí mismo hasta que no se detecten objetos por delante del robot. Si el robot no es cilíndrico o los ejes de rotación de rueda no están en un diámetro del robot, entonces las fuerzas normales y tangenciales sobre el robot cambian a medida que el robot gira mientras entra en contacto con un objeto. Para asegurar que tal robot no convencional sea capaz de escapar de una colisión arbitraria, las fuerzas y pares aplicados al robot por el medioambiente no pueden combinarse con las fuerzas y los pares generados por el robot para detener el movimiento del robot. En la práctica esto significa que la forma del robot debe tener una anchura constante (dentro de la distancia compatible con la cubierta) y que las ruedas de robot tienen que ser capaces de moverse lateralmente. Formas particulares demandan entonces diferentes requisitos para fuerzas máximas de ruedas laterales y para un coeficiente de fricción medioambiental permisible máximo. Sin embargo, el robot 100 actualmente descrito, en algunos ejemplos, tiene una parte delantera rectangular 210 para permitir la limpieza completa en las esquinas.

25 Haciendo referencia de nuevo al ejemplo mostrado en la figura 4, un círculo perfilado 221 que define el perfil sustancialmente semicircular de la parte posterior 220 del chasis 200 se extiende dentro de la parte delantera 210 del chasis 200 y tiene un eje central 223. Las ruedas motrices 410, 420 están situadas sobre o sustancialmente cerca del eje central 223 del círculo perfilado 221. En el ejemplo mostrado, las ruedas motrices 410, 420 están colocadas ligeramente por detrás del eje central 223 del círculo perfilado 221. Al colocar las ruedas motrices 410, 420 en o por detrás del eje central 223 del círculo perfilado 221, el robot 100 puede girar sobre sí mismo sin atrapar la parte posterior 220 del chasis 200 sobre un obstáculo.

30 Refiriéndonos a las figuras 2, 4 y 5 a 9, el robot 100 incluye un conjunto de limpieza 500 montado en la parte delantera 210 del chasis 200, sustancialmente cerca de un borde delantero 202 del chasis 200. En los ejemplos mostrados, el conjunto de limpieza 500 incluye unos cepillos de rodillo primero y segundo 510, 520 montados de manera giratoria sustancialmente paralelos entre sí. Los cepillos de rodillo 510, 520 son accionados por un motor de limpieza 530 acoplado a una parte media de los cepillos de rodillo 510, 520 mediante una caja de cambios 532. El motor de limpieza 530 se coloca por encima de los cepillos de rodillo 510, 520 para confinar el conjunto de limpieza 500 en la parte delantera 210 del chasis 200 y para ayudar a mantener un robot compacto con un tamaño relativamente pequeño. Cada cepillo de rodillo 510, 520 puede incluir un cepillo extremo 540 dispuesto en cada extremo longitudinal 512, 514, 522, 524 del cepillo de rodillo 510, 520. Cada cepillo extremo 540 está dispuesto en un ángulo  $\phi$  con un eje longitudinal 513, 523 definido por el cepillo de rodillo 510, 520 de entre 0° y aproximadamente 90° (de preferencia 45°). El cepillo extremo 540 se extiende más allá del chasis 200 y del cuerpo 300 (por ejemplo, más allá de los bordes laterales derecho e izquierdo respectivos 306, 308) para agitar residuos en o a lo largo de objetos adyacentes al robot 100 (por ejemplo, para limpiar las paredes). Otras aplicaciones del conjunto de limpieza 500 se describirán más adelante con referencia a otra aplicación del robot 100.

45 Refiriéndonos a las figuras 1 a 5, 8 y 10, el robot 100 incluye un conjunto de compartimento de basura 600 dispuesto adyacente al conjunto de limpieza 500 y configurado para recibir residuos agitados por el conjunto de limpieza 500. En algunos ejemplos, el chasis 200 define una cámara de residuos o compartimento de basura 610 (véase la figura 10). En otros ejemplos, un compartimento de basura 610 está dispuesto debajo del chasis y colocado para recibir residuos agitados por el conjunto de limpieza 500. En los ejemplos mostrados, el compartimento de basura 610 está colocado sustancialmente entre el conjunto de limpieza 500 y el sistema de accionamiento 400. En concreto, el compartimento de basura 610 está por delante de las ruedas motrices 410, 420 y por detrás de los cepillos de rodillo 510, 520.

55 Preferiblemente, la cámara de residuos / compartimento de basura 610 está definido por, y por tanto formado como una sola pieza con, el chasis 200. En una configuración alternativa, el robot 101 puede incluir un cartucho o bolsa modular extraíble que sirve como cámara de residuos / compartimento de basura 610, de tal manera que el usuario puede eliminar los residuos retirando y vaciando el cartucho o bolsa. El cartucho o bolsa 610 está asegurado al chasis 200 de manera extraíble.

60 Una cubierta de compartimento de basura 620 está unida de manera pivotante a una parte inferior 203 del chasis 200 y configurada para girar entre una primera posición cerrada, que proporciona el cierre de una abertura 612 definida por el compartimento de basura 610, y una segunda posición abierta, que proporciona acceso a la abertura de compartimento de basura 610. En algunos ejemplos, la cubierta de compartimento de basura 620 está conectada

de manera liberable al chasis 200 mediante una o más bisagras 622. El conjunto de compartimento de basura 600 incluye una liberación de cubierta de compartimento de basura 630 configurada para controlar el movimiento de la cubierta de compartimento de basura 620 entre sus posiciones primera y segunda. La liberación de cubierta de compartimento de basura 630 está configurada para moverse entre una primera posición de bloqueo, que bloquea la cubierta de compartimento de basura 620 en su primera posición cerrada, y una segunda posición, de desbloqueo que permite que la cubierta de compartimento de basura 620 se mueva a su segunda posición abierta (véase la figura 8). La liberación de cubierta de compartimento de basura 630 se puede accionar desde sustancialmente cerca de o en el asa 330, permitiendo así el accionamiento de la liberación de cubierta de compartimento de basura 630 mientras se sostiene el asa 330. Esto permite a un usuario coger el robot 100 por el asa 330 con una mano, mantener el robot 100 sobre un contenedor de basura (no mostrado), y accionar la liberación de cubierta de compartimento de basura 630 con la misma mano que sostiene el asa 330 para liberar la cubierta de compartimento de basura 620 y vaciar el contenido del compartimento de basura 610 en el contenedor de basura. En algunas aplicaciones, la liberación de cubierta de compartimento de basura 630 es un fiador apretado por resorte o un botón de cierre que se puede seleccionar presionando hacia abajo (por ejemplo, un botón) o tirando hacia arriba (por ejemplo, un activador).

El robot 100 incluye una fuente de alimentación 160 (por ejemplo, una batería) en comunicación con el sistema de accionamiento 400 y / o el controlador 450, y asegurada de manera desmontable al chasis 200. En los ejemplos mostrados en las figuras 2, 4, 5, y 7 y 8, la fuente de alimentación 160 es recibida por un receptáculo de alimentación 260 definido por la parte posterior 220 del chasis 200. En algunos ejemplos, la fuente de alimentación 160 se coloca sustancialmente debajo del controlador 450 y entre las ruedas motrices derecha e izquierda 410, 420, mientras se extiende hacia adelante una distancia suficiente para colocar un centro de gravedad del robot 100 sustancialmente en el centro del chasis 200 o sustancialmente entre un primer eje transversal 415 definido por las ruedas motrices 410, 420 y un segundo eje transversal 425 definido por una rueda libre 722 (por ejemplo, una rueda de estasis 722) (véase la figura 4). Si el peso de la fuente de alimentación 160 se coloca demasiado lejos por detrás, no habrá suficiente peso sobre el conjunto de limpieza 500, permitiendo que la parte delantera 210 del chasis 200 se incline hacia arriba. Al ser un robot compacto 100 con un tamaño relativamente pequeño, la disposición de componentes sobre y dentro del chasis 200 es importante para lograr el tamaño compacto del robot 100 sin que deje de ser funcional. Refiriéndonos a las figuras 5 y 8, la cámara de residuos / compartimento de basura 610 impide la colocación por delante de la fuente de alimentación 160 (por ejemplo, la fuente de alimentación 160 se limita a su colocación en la parte posterior 210 del chasis 200). Sin embargo, la fuente de alimentación 160 se coloca entre las ruedas motrices 410, 420 y lo más adelante posible, sustancialmente colindando con el compartimento de basura 610, a fin de colocar el centro de gravedad del robot por delante del primer eje transversal 415 definido por las ruedas motrices 410, 420. Al colocar el centro de gravedad por delante de las ruedas motrices 410, 420, es menos probable que el robot 100 se incline hacia arriba y hacia atrás (por ejemplo, cuando sobrepasa umbrales).

Refiriéndonos a las figuras 1 a 11, el robot 100 incluye un sistema de sensor de navegación 700 en comunicación con el controlador 450 que permite que el robot 100 sea consciente de su entorno / medioambiente y reaccione de maneras previstas o se comporte de acuerdo con la percepción detectada de su entorno / medioambiente. Una descripción de un control de comportamiento se puede encontrar en detalle en Jones, Flyun & Seiger, *Mobile Robots: Inspiration to Implementación*, segunda edición, 1999, AK Peters, Ltd. El sistema de sensor de navegación 700 incluye uno o más sensores de desnivel 710, un detector de estasis 720, un sensor de proximidad 730, al menos un sensor antichoque 800, y / o un receptor omnidireccional 900. Con el uso de entradas procedentes del sistema de sensor de navegación 700, el controlador 450 genera órdenes a realizar por el robot 100. Como resultado de ello, el robot 100 es capaz de limpiar superficies de manera autónoma.

Los sensores de desnivel 710 pueden utilizarse para detectar el momento en el que el robot 100 se encuentra con el borde del suelo o de la superficie de trabajo, por ejemplo, cuando se encuentra con un conjunto de escaleras. El robot 100 puede tener comportamientos que hagan que tome una decisión, por ejemplo, cambiar la dirección de la marcha, cuando detecta un borde. En los ejemplos mostrados en las figuras 2, 4, 5 y 10, el cuerpo 300 del robot 100 aloja cuatro sensores de desnivel 710 a lo largo de un perímetro del cuerpo 300, con dos sensores de desnivel 710 sustancialmente a lo largo de un borde delantero 302 de una parte delantera 310 del cuerpo 300 (preferentemente cerca de esquinas exteriores delanteras o bordes laterales) y dos sensores de desnivel 710 sustancialmente a lo largo de un borde posterior 304 de una parte posterior 320 del cuerpo 300 (preferentemente cerca de esquinas exteriores posteriores o bordes laterales) (véase la figura 4). Cada sensor de desnivel 710 incluye un emisor 712 que envía una señal y un receptor 714 configurado para detectar una señal reflejada. En algunas aplicaciones, los sensores de desnivel 1074 pueden instalarse dentro de un aparato de montaje que estabiliza y protege el sensor y que posiciona el sensor para que apunte hacia la ventana instalada en la parte inferior del aparato de montaje. Juntos, el sensor, el aparato de montaje y la ventana comprenden una unidad de sensor de desnivel. La fiabilidad del sensor de desnivel 710 puede aumentarse mediante la reducción de acumulación de polvo. En algunas aplicaciones, una ventana puede ser instalada en la parte inferior del aparato de montaje que incluye un escudo montado dentro de una moldura inclinada compuesta de un material que impide la acumulación de polvo, tal como un material antiestático. El componente de escudo y la moldura se pueden soldar juntos. Para facilitar aún más la reducción de acumulación de polvo y suciedad, el escudo se puede montar inclinado para permitir que la suciedad se deslice hacia fuera más fácilmente. En algunas aplicaciones, un sensor de desnivel

secundario 710 puede estar presente detrás de sensores de desnivel existentes 710 para detectar bordes de suelo en caso de que falle un sensor de desnivel principal 710.

Robots que definen formas de anchura constante pueden girar sobre sí mismos alrededor de su centroide de la forma correspondiente. Una forma de anchura constante es una forma plana convexa cuya anchura, medida por la distancia entre dos líneas paralelas opuestas que tocan su límite, es la misma independientemente de la dirección de esas dos líneas paralelas. La anchura de la forma en una dirección dada se define como la distancia perpendicular entre los paralelos perpendiculares a esta dirección. El triángulo de Reuleaux es el ejemplo más simple (después del círculo) de formas de anchura constante. Sin embargo, en los ejemplos mostrados, el robot 100 tiene una parte delantera 210 del chasis 200 con forma rectangular, y por tanto no tiene un robot de anchura constante, que puede evitar que el robot gire sobre sí mismo para escapar de varias posiciones de atasco, tales como, entre otras, situaciones de caída. Las situaciones de caída surgen cuando el robot 100 desciende por un pasillo estrecho (con paredes laterales) o una plancha (con desniveles laterales) que es ligeramente más ancha que el robot 100. Cuando el robot 100 llega al final del pasillo o plancha sólo puede escapar saliendo marcha atrás del pasillo o retirándose de la plancha. Si el robot 100 intenta girar sobre sí mismo (por ejemplo, girar 180°), una de las esquinas del robot chocará con una pared o caerá en un desnivel. En el caso de desniveles, la colocación de sensores de desnivel 710 sustancialmente a lo largo de un borde posterior 304 del cuerpo 300 o de un borde posterior 204 del chasis 200 permite que el robot 100 retorne de manera inteligente para escapar sin caer en un desnivel. Del mismo modo, el sensor antichoque 800, que se describirá a continuación, detecta golpes posteriores, permitiendo que el robot 100 salga de pasillos estrechos.

Refiriéndonos a las figuras 2, 4, 5 y 11A, el detector de estasis 720 indica el momento en el que el robot 100 está en movimiento o parado. En los ejemplos mostrados, el detector de estasis 720 incluye una rueda de estasis 722 con un imán 724 embebido en o dispuesto sobre la rueda 722. Un receptor magnético 726 (por ejemplo, un inductor) está colocado adyacente a la rueda 722 para detectar el paso del imán 724. El receptor magnético 726 proporciona una señal de salida al controlador 450 que indica cuándo pasa el imán 724 por el receptor magnético 726. El controlador 450 puede estar configurado para determinar la velocidad a la que se desplaza el robot 100 y la distancia que recorre el mismo en base a la señal de salida del receptor magnético 726 y la circunferencia de la rueda de estasis 722. En otras aplicaciones, el detector de estasis 720 incluye una rueda de estasis 722 con una superficie circunferencial que tiene al menos dos características de reflexión diferentes (por ejemplo, blanco y negro). Un par emisor y receptor de estasis (por ejemplo, infrarrojos) está dispuesto adyacente a la rueda de estasis 722. El emisor de estasis está configurado para emitir una señal a la superficie circunferencial de la rueda de estasis 722, y el receptor de estasis está configurado para detectar o recibir una señal reflejada de la superficie circunferencial de la rueda de estasis 722. El detector de estasis 720 supervisa las transiciones entre estados de reflexión y estados de no reflexión para determinar si el robot 100 se está moviendo, y tal vez incluso la velocidad de movimiento.

Una vez más, debido a la naturaleza compacta del robot 100 y a la colocación compacta de componentes, la rueda de estasis 722 actúa como una tercera rueda para un contacto estable con el suelo. Si la rueda de estasis 722 se colocara delante del conjunto de limpieza 500, tendría que ser una rueda orientable, en lugar de una rueda direccional, lo que arrastraría un arco cuando el robot 100 girase. Sin embargo, la necesidad de una parte delantera rectangular 210 del chasis 200, a fin de limpiar completamente las esquinas, prohíbe la colocación de la rueda de estasis 722 por delante del conjunto de limpieza 500 (lo que, por ejemplo, resultaría en una forma distinta de la rectangular). Se necesita una rueda por delante de las ruedas motrices 410, 420 para levantar la parte delantera 210 del chasis 200 a una altura adecuada para la limpieza y la rotación de los cepillos.

Refiriéndonos de nuevo a la figura 4, la rueda de estasis 722 está dispuesta en la cubierta de compartimento de basura 620, justo por detrás del conjunto de limpieza 500 y por delante del sistema de accionamiento 400 y de la fuente de alimentación 160. La rueda de estasis / loca 722 está colocada por delante de las ruedas motrices 410, 420, por delante del eje central 223 del círculo perfilado 221, y dentro del círculo perfilado 221. Esta colocación de la rueda de estasis 722 permite al robot 100 girar sobre sí mismo sin arrastrar sustancialmente la rueda de estasis 722 a través de su dirección de rodamiento, mientras que también proporciona soporte y estabilidad a la parte delantera 210 del chasis 200. Preferiblemente, la rueda de estasis 722 se coloca al menos a un tercio del radio del eje central 223. La colocación por delante de la rueda de estasis 722 y de la fuente de alimentación 160 queda obstruida por el conjunto de limpieza 500. Como resultado de ello, la disminución del tamaño del conjunto de limpieza 500 permitiría la colocación de la rueda de estasis 722 y de la fuente de alimentación 160 más por delante, o una disminución de la longitud total del robot 100.

Los ejemplos mostrados en las figuras 11B y 11C ilustran la colocación de componentes en el robot 100 para lograr una morfología compacta así como una estabilidad de movimiento. Cuando LD = espesor de detector de desnivel plano 710A, 710B, CH = longitud de delante hacia atrás de cabeza de limpieza 500, WB = distancia entre ejes, RD = longitud de delante hacia atrás de detector de desnivel inclinado 710C, 710D, WT = distancia entre ruedas, y CR = radio circular (> 1/2 distancia entre ruedas), el robot en forma de lápida 100 tiene una longitud que es: 1) mayor que LD + CH + WB + CR y 2) Igual o menor que 1,4 CR, donde 3) RD < 1/2 CR, WB > 1/3 CR, CG está dentro de WB. La colocación de los componentes para satisfacer la relación anterior, sitúa el centro de gravedad 105 del robot por delante de las ruedas motrices 410, 420 y dentro del radio circular CR. Las figuras también ilustran la colocación de

dos de los componentes más pesados, que incluyen la fuente de alimentación 160 que tiene un centro de gravedad 165 y el motor de cepillo 515 que tiene un centro de gravedad 517. El motor de cepillo 515 se coloca lo más adelante posible para situar su centro de gravedad 517 lo más adelante posible, a fin de compensar el peso de la fuente de alimentación 160. Del mismo modo, la fuente de alimentación 160 se coloca lo más adelante posible para situar también su centro de gravedad 165 lo más adelante posible. Sin embargo, la colocación por delante de la fuente de alimentación 160 queda obstruida en general por el conjunto de limpieza 500 y el compartimento de basura 610.

Refiriéndonos a las figuras 1, 5 y 9, el sensor de proximidad 730 se puede usar para determinar el momento en el que un obstáculo se encuentra cerca de o próximo al robot 100. El sensor de proximidad 730 puede ser, por ejemplo, una luz infrarroja o un sensor ultrasónico que proporciona una señal cuando un objeto está dentro de un rango dado del robot 100. En los ejemplos mostrados, el sensor de proximidad 730 está dispuesto en un lado (por ejemplo, el lado derecho) del robot 100 para detectar el momento en el que un objeto, tal como una pared, está próximo a ese lado.

En una aplicación preferida, según se muestra, el lado del robot 100 que tiene el sensor de proximidad 730 es el lado dominante del robot 100, que en este caso es el lado derecho con respecto a una dirección principal de marcha 105. En algunos ejemplos, el sensor de proximidad de pared 730 es un sensor de luz infrarroja compuesto de un par emisor y detector colimado de forma que un volumen finito de intersección se produce en la posición esperada de una pared. Este punto de enfoque está aproximadamente tres pulgadas por delante de las ruedas motrices 410, 420 en la dirección de movimiento hacia adelante del robot. La gama radial de detección de pared es de aproximadamente 0,75 pulgadas. El sensor de proximidad 730 puede usarse para ejecutar comportamientos de seguimiento de pared, cuyos ejemplos se describen en el documento de patente US 6.809.490.

En algunas aplicaciones, el sensor de proximidad 730 incluye un emisor y un detector dispuestos sustancialmente paralelos. El emisor tiene un campo de emisión proyectado sustancialmente paralelo a un campo de detección del detector. El sensor de proximidad 730 proporciona una señal al controlador 450, que determina una distancia a un objeto detectado (por ejemplo, una pared). El sensor de proximidad 730 necesita ser calibrado para detectar y permitir que el controlador 450 determine con precisión una distancia del objeto. Para calibrar el sensor de proximidad 730 al albedo (por ejemplo, color o reflectividad) de un objeto adyacente, el robot 100 choca con el objeto por su lado dominante y registra una característica de reflexión. En el ejemplo de un emisor y detector de infrarrojos, el controlador 450 registra una intensidad de reflexión en el momento del contacto con el objeto, que se supone que es una pared. En base a la intensidad de reflexión registrada en la distancia de calibración conocida entre el borde del cuerpo 300 y el sensor de proximidad 730, el controlador 450 puede determinar a partir de entonces una distancia a la pared mientras se desplaza a lo largo de la pared. El controlador 450 puede aplicar servocontrol en los motores de accionamiento 412, 422 para desplazarse a una cierta distancia desde la pared, y por tanto seguir la pared. El robot 100 puede girar de manera periódica hacia la pared para chocar lateralmente contra la pared y volver a calibrar el sensor de proximidad 730. Si el sensor de proximidad 730 detecta una ausencia de la pared, el robot 100 puede decidir volver a calibrar el sensor de proximidad 730 al reconocer de nuevo la pared.

El robot 100 puede seguir activamente la pared sobre su lado dominante utilizando el sensor de proximidad 730. El robot 100 puede seguir pasivamente la pared sobre su lado no dominante (o sobre el lado dominante si el sensor de proximidad 730 no está presente o activo). Después de chocar con un objeto (por ejemplo, detectado por el sensor antichoque 800), el robot 100 puede suponer que el objeto es una pared y girar para seguir la pared. El robot 100 puede retornar antes de girar, a fin de no atrapar una esquina delantera del cuerpo 300 en el objeto / pared, reactivando así el sensor antichoque 800 en una dirección hacia adelante. Después de girar (por ejemplo, aproximadamente 90°), el robot 100 se desplaza recto (por ejemplo, a lo largo de la pared) y gira ligeramente hacia la pared, para deslizarse a lo largo de la pared. El robot 100 puede detectar que se está deslizando a lo largo de la pared mediante la detección de un choque lateral a través del sensor antichoque multidireccional 800, que se describirá a continuación. El robot 100 puede continuar para seguir la pared pasivamente hasta que el sensor antichoque 800 ya no detecte un choque lateral en el lado que sigue la pared actual del robot 100 durante un determinado período de tiempo.

El robot 100 puede seguir pasivamente la pared debido en parte a sus lados planos del cuerpo 300 y a la colocación posterior de las ruedas motrices 410, 420. Los lados planos permiten que el robot 100 se deslice a lo largo de la pared (por ejemplo, sustancialmente paralelo a la pared). La colocación de las ruedas motrices 410, 420 en la parte posterior 220 del chasis 200 permite que el robot 100 haga oscilar su parte delantera 210 del chasis 200 hacia la pared, para deslizarse a lo largo de la pared. Refiriéndonos a la figura 12A, el robot 100 se mueve hacia adelante mientras que, estando en contacto con una pared 30, es sometido a dos fuerzas, una fuerza perpendicular a la pared,  $F_n$ , y una fuerza tangencial a la pared,  $F_t$ . Estas fuerzas crean pares opuestos alrededor de un punto a medio camino entre las ruedas, el centro de rotación natural del robot. Se puede mostrar que el par,  $\tau$ , es:

$$\tau = rF(\cos\theta\sin\theta - \mu\cos^2\theta)$$

Donde  $\mu$  es el coeficiente de fricción entre la pared y el robot. Dado un valor para  $\mu$ , hay algún ángulo crítico  $\theta_c$ , donde los pares están equilibrados. Para  $\theta < \theta_c$  el primer término a la derecha de la ecuación es más grande y el

robot tiende a alinearse con la pared. Si  $\theta > \theta_c$ , entonces el segundo término es más grande y el robot 100 tiende a girar hacia la pared.

Ciertas geometrías de robot, tales como la forma de lápida del robot descrito, pueden alcanzar valores útiles para  $\theta_c$ . Hay que tener en cuenta que la geometría cilíndrica estándar tiene  $\theta_c = \pi / 2$  independientemente del ángulo de aproximación del robot a la pared. Por tanto, el seguimiento pasivo de la pared no se puede lograr con esta configuración. Para seguir pasivamente la pared con éxito, el desplazamiento entre el eje de rotación natural de robot y el punto de contacto con la pared debe ser lo más adelante posible cuando el movimiento del robot está alineado con la pared. Además, la altura máxima de escalón de la pared que permite la recuperación pasiva es un factor importante y se ve afectado por la forma robot.

En algunos ejemplos, el robot 100 puede seguir semipasivamente la pared. El robot 100 sigue la pared sobre su lado dominante, que tiene el sensor de proximidad lateral 730. Después de detectar un objeto, que se supone que es una pared, ya sea mediante el sensor antichoque 800 o el sensor de proximidad 730, el robot 100 gira para alinear el lado dominante del robot 100 con la pared prevista. El robot 100 procede entonces a desplazarse a lo largo de la pared, mientras gira ligeramente hacia la pared a fin de deslizarse a lo largo de la pared. El robot 160 se mantiene en contacto con la pared mediante la detección de contacto con la pared a través del sensor antichoque 800 o del sensor de proximidad 730 y el controlador 450 aplica servocontrol o los motores de accionamiento 412, 422 para desplazarse en consecuencia a lo largo de la pared.

En algunos ejemplos, como se muestra en la figura 12B, el robot 100 incluye un elemento de contacto 180 (por ejemplo, un rodillo, un cojinete, un casquillo, o un punto de contacto blando) dispuesto en una o ambas de las esquinas delanteras del robot 100 para ayudar en el seguimiento de la pared. Preferiblemente, el elemento de contacto 180 está al menos dispuesto en la esquina delantera del lado dominante del robot 100. A medida que el robot 100 se mueve a lo largo de la pared, se pone en contacto con el elemento de contacto 180, en lugar de simplemente deslizarse a lo largo de la pared. En algunas aplicaciones, el elemento de contacto 180 es un cepillo lateral que mira a lo largo de un eje vertical y se extiende más allá del cuerpo 300. El cepillo lateral mantiene un espacio intermedio entre una pared y el cuerpo de robot 300.

El sensor antichoque 800 se utiliza para determinar el momento en el que el robot 100 encuentra físicamente un objeto. Tales sensores pueden utilizar una propiedad física tal como una capacitancia o un desplazamiento físico dentro del robot 100 para determinar el momento en el que se encuentra un obstáculo. En algunas aplicaciones, el sensor antichoque 800 incluye sensores de contacto dispuestos alrededor de la periferia del cuerpo 300. En aplicaciones preferidas, el sensor antichoque 800 está configurado para detectar el movimiento del cuerpo 300 sobre el chasis 200. Con referencia a las figuras 5, 10 y 13A - 13D, el cuerpo 300 del robot 100 funciona como un parachoques y está acoplado de manera flexible al chasis 200 mediante uno o más elementos elásticos 309 (por ejemplo, resortes, pasadores flexibles, espigas elastoméricas, etc) (véase la figura 5). Los elementos elásticos 309 permiten que el cuerpo de estilo de parachoques 300 se mueva en al menos dos direcciones (preferiblemente tres direcciones). En algunos ejemplos, el sensor antichoque 800 incluye una base de sensor antichoque 810 que porta al menos tres (preferiblemente cuatro) detectores 820 (por ejemplo, detectores de luz infrarroja, tales como fotodetectores) espaciados uniformemente sobre la base de sensor antichoque 810. En el ejemplo mostrado, la base de sensor antichoque 810 es una placa de circuito impreso que porta los detectores 820. La placa de circuito impreso - base de sensor antichoque 810 está en comunicación con y puede portar el controlador 450. El sensor antichoque 800 incluye un revestimiento de sensor antichoque 830 que define una cavidad 832 que está colocada sobre y cubre la base de sensor antichoque 810. El revestimiento de sensor antichoque 830 aloja un emisor 840 (por ejemplo, un emisor de luz o un emisor de luz infrarroja), que emite una señal 842 (por ejemplo, luz) a través de un orificio 834 definido por el revestimiento de sensor antichoque 830 a través de una pared 836 de la cavidad 832. El orificio 834 colima la señal 842, a fin de tener una trayectoria dirigida. A medida que el revestimiento de sensor antichoque 830 se mueve sobre la base de sensor antichoque 810, la señal 842 se mueve sobre los detectores 820, lo que proporciona señales correspondientes al controlador 450 (por ejemplo, proporcionales a la intensidad de señal). En base a las señales de detector, el controlador 450 está configurado para determinar la dirección de movimiento del cuerpo 300 sobre el chasis 200, y opcionalmente la velocidad de movimiento. El sensor antichoque 800 puede detectar 360 grados de movimiento del revestimiento de sensor antichoque 830 sobre la base de sensor antichoque 810. El sistema de accionamiento 400 y / o el controlador 450 están configurados para cambiar una dirección de desplazamiento del robot 100 en respuesta a la señal o señales del detector recibidas desde los detectores 820.

En el ejemplo mostrado en las figuras 13A y 13C, el sensor antichoque 800 incluye una guía de parachoques 850 que guía el cuerpo 300 a lo largo de dos direcciones de movimiento. Como se señaló anteriormente, el cuerpo 300 se acopla al chasis mediante elementos elásticos 309 que permiten que el cuerpo 300 sea desplazado tanto por traslación como por rotación. La guía de parachoques 850 puede estar configurada como una "T", en forma de cruz o como una ranura o ranuras perpendiculares 852 formadas en un elemento que se mueve con el parachoques 300 (con respecto al chasis 300), acoplado a al menos un pasador de guía 854 en el chasis 200 que no se mueve (con respecto al chasis 200). En otras aplicaciones, la guía de parachoques 850 está definida en una parte del chasis 200 y el pasador de guía 854 está asegurado al cuerpo de parachoques 300. Cuando el parachoques 300 se desplaza, la guía de parachoques 850 tiende a guiar el parachoques 300 en esa zona a lo largo de un brazo de la guía de

parachoques 850, lo que permite "trasladar" choques tal cual y tiende a reducir de otro modo componentes rotacionales o transformar la rotación en traslación, mejorando la detección del sensor antichoque 800.

En los ejemplos mostrados en las figuras 5, 10 y 13D, el sensor antichoque 800 incluye un brazo conector de parachoques 850 asegurado entre el revestimiento de sensor antichoque 830 y el cuerpo de estilo de parachoques 300. El brazo conector de parachoques 850 traslada el movimiento del cuerpo 300 al revestimiento de sensor antichoque 830. El revestimiento de sensor antichoque 830 está asegurado a la base de sensor antichoque 710 y está compuesto de un material elástico de manera que el revestimiento de sensor antichoque 830 se puede mover mediante deformación elástica con respecto a la base de sensor antichoque 810. En otros ejemplos, el revestimiento de sensor antichoque 830 se coloca sobre la base de sensor antichoque 710 y se le permite moverse libremente con respecto a la base de sensor antichoque 810.

El robot 100 tiene una dirección de marcha hacia adelante y porta el receptor omnidireccional 900 en una parte superior 305 del cuerpo 300 por encima de la parte delantera 202 del chasis 200. La figura 1 ilustra un ejemplo de posición del receptor omnidireccional 900 en el robot 100, siendo la parte más alta del robot 100. El receptor omnidireccional 900 puede usarse para detectar el momento en el que el robot 100 está muy próximo a un faro de navegación (no mostrado). Por ejemplo, el receptor omnidireccional 900 puede transmitir una señal a un sistema de control que indica la fuerza de una emisión, donde una señal más fuerte indica mayor proximidad a un faro de navegación.

Las figuras 14 a 16 muestran vistas en perspectiva, lateral y en corte del receptor omnidireccional 900. El receptor omnidireccional 900 incluye un alojamiento 910, un reflector cónico 920 y un receptor de emisiones 930. El alojamiento 910 tiene una parte superior 912 y una cavidad interior 916. La parte superior 912 puede permitir una transmisión de una emisión a la cavidad interior 916. El reflector cónico 920 está situado en una superficie superior de la cavidad 916 para reflejar emisiones que inciden sobre la parte superior 912 del alojamiento 910 hacia la cavidad interior 916. El receptor de emisiones 930 está situado en la cavidad interior 916 debajo del reflector cónico 920. En algunas aplicaciones, el receptor omnidireccional 900 está configurado para recibir transmisiones de luz infrarroja (IR). En tales casos, una guía 940 (por ejemplo, un tubo de luz) puede guiar emisiones reflejadas en el reflector cónico 920 y canalizarlas hacia el receptor de emisiones 930.

El controlador 450 puede estar configurado para propulsar el robot 100 de acuerdo con un ajuste de rumbo y un ajuste de velocidad. Las señales recibidas desde el sistema de sensor de navegación 700 pueden ser utilizadas por un sistema de control para emitir órdenes que tienen que ver con obstáculos, tales como cambiar la velocidad o el rumbo ordenados del robot 100. Por ejemplo, una señal procedente del sensor de proximidad 730, debida a una pared cercana puede dar como resultado que el sistema de control emita una orden para reducir la velocidad. En otro ejemplo, una señal de colisión procedente del sensor antichoque 800 debida a un encuentro con un obstáculo puede hacer que el sistema de control emita una orden para cambiar de rumbo. En otros casos, el ajuste de velocidad del robot 100 se puede reducir en respuesta al sensor de contacto y / o el ajuste de rumbo del robot 100 se puede cambiar en respuesta al sensor de proximidad 730.

El controlador 450 puede incluir una primera rutina de comportamiento independiente configurada para ajustar la configuración de velocidad del robot 100; y una segunda rutina de comportamiento independiente configurada para cambiar la configuración de rumbo del robot 100, en el que las rutinas de comportamiento independientes primera y segunda están configuradas para ejecutarse al mismo tiempo y de manera recíproca de forma independiente. La primera rutina de comportamiento independiente puede estar configurada para sondear el sensor de proximidad 730, y la segunda rutina de comportamiento independiente puede estar configurada para sondear el sensor antichoque 800. Aunque las aplicaciones del robot 100 descritas en este documento pueden usar control basado, solo en parte o sin basarse en absoluto, en el comportamiento, el control basado en el comportamiento es eficaz para controlar el robot a fin de que sea sólido (es decir, para que no se quede atascado o para que no falle), así como seguro.

Las figuras 17 a 25 ilustran otra aplicación del robot autónomo de cubrimiento 101. El robot 101 incluye un chasis 200 que tiene una parte delantera 210 y una parte posterior 220, y un cuerpo 300 que tiene una parte delantera 301 y una parte posterior 303 configuradas para seguir sustancialmente los contornos del chasis 200. La parte delantera 210 del chasis 200 define una forma sustancialmente rectangular y la parte posterior 220 define una forma elíptica. La parte delantera 301 del cuerpo 300 puede estar conectada de manera flexible al chasis 200. Un asa 330 está dispuesta en, o definida por, una parte superior 305 de la parte posterior 303 del cuerpo 300.

En una configuración ejemplar, el diseño del robot 101 tiene un diámetro de alrededor de 15 cm, una altura de alrededor de 7,5 cm, y funciona con energía de batería para limpiar durante aproximadamente seis horas antes de necesitar recarga. También, por ejemplo, el robot 101 puede limpiar eficazmente el suelo de una habitación individual de tamaño medio en unos 45 minutos, o varias zonas más pequeñas.

Refiriéndonos a las figuras 18, 20 y 21, el robot 101 incluye un sistema de accionamiento 400 portado por el chasis 200, como se describe anteriormente. En la aplicación mostrada, los motores de accionamiento 412, 422 están dispuestos adyacentes y en línea (por ejemplo, coaxialmente) con sus respectivas ruedas motrices 410 y 420. En algunos ejemplos, el robot incluye una caja de cambios 414, 424 acoplada entre la rueda motriz 410, 420 y su

respectivo motor de accionamiento 412, 422. El robot 101 incluye un controlador 450 en comunicación con el sistema de accionamiento 400. El controlador 450 está configurado para maniobrar el robot 101 a fin de que pivote sobre sí mismo.

5 El robot 101 incluye un conjunto de limpieza 500 montado en la parte delantera 210 del chasis 200, e incluye un primer cepillo de rodillo delantero 510 montado de manera giratoria sustancialmente cerca de y sustancialmente paralelo al borde delantero 202 del chasis 200. El conjunto de limpieza 500 incluye unos cepillos de rodillo laterales segundo y tercero 550, 560 montados de manera giratoria perpendicularmente al cepillo de rodillo delantero 510 sustancialmente cerca de los bordes laterales derecho e izquierdo correspondientes 306, 308 del cuerpo 300. Los cepillos de rodillo 510, 550, 560 son accionados por un motor de limpieza 530 acoplado a los cepillos de rodillo 510, 550, 560 mediante una caja de cambios 532. El motor de limpieza 530 está colocado por detrás del cepillo de rodillo delantero 510 y entre los cepillos de rodillo laterales 550, 560.

15 El robot 101, en una aplicación preferida, incluye un solo tipo de mecanismo de limpieza. Por ejemplo, el robot 101 mostrado en la figura 18 incluye rodillos de cepillos de cerdas para el cepillo de rodillo delantero 510 y los cepillos de rodillo laterales 550, 560. Los rodillos de cepillos de cerdas pueden ser similares a los rodillos de cepillos encontrados en el robot SCOOBA® comercializado, por ejemplo, por iRobot Corporation; o pueden ser similares a los tipos de cepillo R2 o R3 utilizados en el robot Roomba®, como ejemplos adicionales. En una aplicación, el cepillo no recoge pelos o fibras largos que tenderían a enrollarse firmemente alrededor del cepillo, a fin de minimizar la frecuencia de mantenimiento requerido por el usuario para la eliminación de residuos del cepillo. Alternativamente, el robot 101 puede incluir dos o más variedades de mecanismo de limpieza, tales como aspiración y cepillos de cerdas, entre otros.

25 En algunos de los ejemplos, el cepillo de rodillo delantero 510 y los cepillos de rodillo laterales 550, 560 giran cada uno alrededor de un eje horizontal paralelo a la superficie de trabajo, proporcionando así un conjunto de limpieza horizontal 500, aunque la anchura principal de trabajo del robot de cubrimiento 100 puede incluir cepillos verticalmente giratorios, sin cepillos si hay un aspirador, un cepillo oscilante, un elemento de correa circular, y otras aplicaciones de limpieza conocidas. Cada cepillo de rodillo 510, 520, 550, 560 puede tener un cuerpo cilíndrico que define un eje longitudinal de rotación. Las cerdas están fijadas radialmente al cuerpo cilíndrico, y, en algunos ejemplos, se fijan aletas flexibles longitudinalmente a lo largo del cuerpo cilíndrico. A medida que el cepillo de rodillo 510, 520, 550, 560 gira, las cerdas y las aletas flexibles mueven residuos sobre la superficie de trabajo, dirigiéndolos hacia el compartimento de basura 610 en el robot 100. En ejemplos que incluyen una unidad de aspiración, los cepillos 510, 520, 550, 560 pueden también dirigir residuos o suciedad hacia una trayectoria de aspiración por debajo del robot de limpieza 100. En el caso de un robot de limpieza en húmedo, los cepillos 510, 520, 550, 560 pueden tener en su lugar una función de cepillado, y un aspirador u otro colector puede recoger residuos fluidos después del cepillado.

35 En los ejemplos mostrados, los componentes eficaces del conjunto de limpieza 500, tales como los cepillos 510, 550, 560, están dispuestos hacia las esquinas delanteras extremas de la parte delantera 210 del chasis 200. Como resultado de ello, el área del suelo que puede cubrir la parte delantera rectangular 210 del chasis 200 se maximiza, y partes del suelo que no están cubiertas se minimizan, como se ilustra en la figura 27.

40 Al incluir únicamente un solo mecanismo de limpieza, tal como el conjunto de limpieza 500, en lugar de una combinación de dos o más variedades de mecanismo de limpieza (tal como, por ejemplo, un cepillo de rodillo y un aspirador; o mecanismos de limpieza en húmedo y en seco, que pueden requerir dos o más cámaras de almacenamiento, entre otros), el robot 101 puede hacerse más compacto con respecto a otra forma.

45 Refiriéndonos a las figuras 18, 20, 21 y 24, el robot 101 incluye un conjunto de compartimento de basura 600, como se describe anteriormente. En los ejemplos mostrados, el chasis 200 define la cámara de residuos o compartimento de basura 610, que se coloca entre el conjunto de limpieza 500 y el sistema de accionamiento 400. En ejemplos específicos, el compartimento de basura 610 está por delante de las ruedas motrices 410, 420 y por detrás del cepillo de rodillo delantero 510. A medida que el cepillo de rodillo delantero 510 y los cepillos de rodillo laterales 550, 560 giran contra el suelo, agitan residuos y barren los residuos hacia el interior de una cámara de residuos / compartimento de basura 610 dentro del robot 101 a través de una hendidura de admisión u otra abertura adecuada que va desde los cepillos de rodillo 510, 550, 560 hasta la cámara de residuos 610.

50 La cubierta de compartimento de basura 620, en el ejemplo mostrado, está conectada de manera liberable al chasis 200 mediante una o más bisagras 622 (por ejemplo, una bisagra integral, una espiga y un enchufe, etc.). En algunas aplicaciones, la liberación de cubierta de compartimento de basura 630 se puede accionar desde sustancialmente cerca de o en el asa 330, lo que permite el accionamiento de la liberación de cubierta de compartimento de basura 630 mientras se sostiene el asa 330. En otras aplicaciones, la liberación de cubierta de compartimento de basura 630 se puede accionar desde cerca de o en la cubierta de compartimento de basura 620, de tal manera que un usuario sostiene el asa 330 con una mano y abre la cubierta de compartimento de basura 620 liberando la cubierta de compartimento de basura 630 con la otra mano (véase la figura 24). En algunas aplicaciones, la liberación de cubierta de compartimento 630 es un fiador apretado por resorte o un botón de cierre que se puede seleccionar presionando hacia abajo (por ejemplo, un botón,) o tirando hacia arriba (por ejemplo, un activador).

- En los ejemplos mostrados, el robot 101 incluye un asa 330 dispuesta en o definida por una parte superior 305 del cuerpo 300. Un usuario puede agarrar el asa 330 para levantar el robot 101 y transportarlo manualmente. Además, el robot 101 puede incluir uno o más botones 632 próximos al asa 330. El botón 632 se puede manejar con una mano, mientras la mano del usuario agarra el robot 101 por el asa 330. El botón 632 está configurado para accionar una liberación de cubierta de compartimento de basura 630, que puede funcionar para controlar el mantenimiento de la cubierta de compartimento de basura 620 en su posición cerrada y liberar la cubierta de compartimento de basura 620 para que se mueva a su posición abierta. En un ejemplo, como se ilustra en la figura 24, cuando el usuario aprieta el botón 632, la liberación de cubierta de compartimento de basura 630 se desengancha y la cubierta de compartimento de basura 620 oscila para abrirse alrededor de las bisagras 622. Con la cubierta de compartimento de basura 620 en su posición abierta, el contenido de la cámara de residuos / compartimento de basura 610 puede salir del robot 101 debido a la fuerza de la gravedad. El robot 101 también puede incluir un resorte para asegurar que la cubierta de compartimento de basura 620 se abra, por ejemplo, en caso de que el peso de los residuos en la cámara de residuos 610 sea insuficiente para hacer oscilar la cubierta de compartimento de basura 620 para que se abra.
- El robot 101 incluye una fuente de alimentación 160 (por ejemplo, una batería) en comunicación con el sistema de accionamiento 400 y / o el controlador 450, y asegurada de manera desmontable al chasis 200. En los ejemplos mostrados en las figuras 20 y 21, la fuente de alimentación 160 es recibida por un receptáculo de alimentación 260 definido por la parte posterior 220 del chasis 200. Una cubierta de fuente alimentación 262 está asegurada de forma liberable al chasis 200 para sostener y / o cubrir la fuente de alimentación 160 en el receptáculo de alimentación 260. En los ejemplos mostrados, la fuente de alimentación 160 está colocada en la parte posterior 220 del chasis 200, por detrás de las ruedas motrices 410, 420. En esta posición, el peso de la fuente de alimentación 160 compensa el peso del conjunto de limpieza 500 para colocar un centro de gravedad del robot 101 sustancialmente alrededor de un centro del chasis 200.
- Las dimensiones compactas del robot 101 permiten que el robot 101 navegue por debajo de posibles obstáculos, tales como sillas, mesas, sofás, u otros objetos de la casa, y lleve a cabo la limpieza de suelos en estas áreas difíciles de alcanzar. Además, el robot 101 puede incluir un sensor de separación dispuesto sobre una superficie superior del mismo, tal como un telémetro sonar o un diodo sensible a la luz, que escanea directamente por encima de la cabeza. Cuando el sensor de separación detecta la presencia de un objeto dentro de una distancia umbral, tal como, por ejemplo, dos pies, el robot 101 puede continuar moviéndose hasta que el espacio por encima de la cabeza esté libre. En consecuencia, el robot 101 puede evitar llegar a "perdersse" por debajo de los muebles, por ejemplo, fuera de la vista del usuario.
- A medida que el sistema de accionamiento 400 impulsa el robot 101 sobre el suelo, el cepillo de rodillo delantero 510 gira preferentemente en la misma dirección que las ruedas motrices 410, 420, aunque a un ritmo más rápido que la velocidad del robot 101 cuando cruza el suelo, para barrer residuos hacia el interior de la cámara de residuos 610. Además, los cepillos laterales 550, 560 también barren residuos hacia dentro al mismo tiempo. En un ejemplo, las cerdas de los cepillos 510, 550, 560 pueden extenderse hacia abajo aproximadamente de 0,015 a 0,025 pulgadas más allá de la extensión de las ruedas 410, 420, mientras giran a una velocidad de entre aproximadamente 600 y aproximadamente 1.600 RPM.
- El diseño del robot 101 puede hacerse más compacto omitiendo una rueda orientable u otra estructura de soporte. Debido a la anchura del rodillo de cepillo delantero 510, así como de los cepillos laterales 550, 560 dispuestos en caras laterales opuestas del robot 101, el robot 101 puede omitir una tercera rueda orientable o rueda libre, aparte de las ruedas motrices 410, 420 sin afectar de manera significativa al equilibrio o a la estabilidad del robot 101. Alternativamente, el robot 101 puede incluir además cojinetes de soporte 490, como se muestra en las figuras 18, 20 y 22 a 25, dispuestos próximos a las esquinas opuestas extremas de la parte delantera 210 del chasis 200. Los cojinetes de soporte 490 pueden incluir un único elemento rígido de un material suave y / o autolubrificante, tal como politetrafluoroetileno o un polímero de polioximetileno; o, los cojinetes de soporte 490 pueden incluir un cojinete de rodillos o cualquier otro mecanismo adecuado para evitar que el robot 101 se incline o pierda el equilibrio proporcionando al mismo tiempo poca resistencia a la fricción a medida que el robot 101 cruza el suelo.
- Refiriéndonos a la figura 21, el robot 101 incluye un sistema de sensor de navegación 700 en comunicación con el controlador 450 que permite que el robot 101 sea consciente de su entorno / medioambiente y reaccione de maneras previstas o se comporte de acuerdo con la percepción detectada de su entorno / medioambiente. En el ejemplo mostrado, el sistema de sensor de navegación 700 incluye uno o más sensores antichoque 800 y / o un detector de estasis 720. Con el uso de entradas procedentes del sistema de sensor de navegación 700, el controlador 450 genera órdenes a realizar por el robot 101. Como resultado de ello, el robot 101 es capaz de limpiar superficies de manera autónoma.
- El sensor antichoque 800 se utiliza para determinar el momento en el que el robot 100 encuentra físicamente un objeto. Tales sensores pueden utilizar una propiedad física tal como una capacitancia o un desplazamiento físico dentro del robot 100 para determinar el momento en el que se encuentra un obstáculo. En el ejemplo mostrado en la figura 21, el sensor antichoque 800 es un interruptor de contacto dispuesto alrededor de la periferia de la parte delantera 210 del chasis 200, entre el chasis 200 y la parte delantera 301 del cuerpo 300. La parte delantera 301 del

cuerpo 300 está fijada de manera flexible o deslizable al chasis 200 en un modo que permite que el contacto con un obstáculo sea trasladado al sensor o sensores antichoque 800. En aplicaciones preferidas, el robot incluye sensores antichoque 800 dispuestos en las esquinas delanteras del chasis 200, con al menos un sensor antichoque 800 dispuesto a cada lado de cada esquina, permitiendo así que el robot 100 determine una dirección y / o una ubicación de una colisión. La parte delantera 301 del cuerpo 300 actúa como un solo parachoques mecánico con sensores 800 sustancialmente en los dos extremos del parachoques para detectar el movimiento del parachoques. Cuando la parte delantera 301 del cuerpo 300 se comprime, la temporización entre eventos de sensor se utiliza para calcular el ángulo aproximado en el que el robot 101 se pone en contacto con el obstáculo. Cuando la parte delantera 301 del cuerpo 300 se comprime desde el lado derecho, el sensor antichoque derecho detecta el primer choque, seguido por el sensor antichoque izquierdo, debido a la compatibilidad del parachoques y a la geometría del detector antichoque. De esta manera, el ángulo de choque se puede aproximar con sólo dos sensores antichoque.

Ya que el robot 101 preferiblemente tiene una forma compacta y ligera, el impulso realizado por el robot 101 puede ser más ligero que el de un robot de tamaño estándar. En consecuencia, el robot 101 incluye preferiblemente "toque suave" o sensores antichoque sin contacto. Por ejemplo, el robot 101 puede incluir uno o más acelerómetros 458 en comunicación con el controlador 450 (véase la figura 21) para supervisar la aceleración del robot a lo largo de al menos un eje horizontal. Cuando se detecta que la aceleración supera un umbral preestablecido, el robot 101 puede responder como si hubiera sido activado un interruptor de parachoques. Como resultado de ello, el robot 101 puede omitir un sensor antichoque de tipo interruptor de contacto tradicional.

En algunos ejemplos, el robot 101 puede utilizar el acelerómetro 458 como un detector de estasis 720. Como beneficio, el procesamiento de datos de acelerómetro para la detección de estasis puede requerir sólo una tasa de procesamiento de aproximadamente 30 hercios. Por ejemplo, a medida que el robot 101 se mueve sobre un suelo, las vibraciones hacen que el acelerómetro 458 detecte la aceleración de un perfil de amplitud determinado. Sin embargo, cuando el robot 101 deja de moverse, ya sea debido a un estado normal o a que ha sido bloqueado por un obstáculo, la amplitud de las vibraciones detectadas por el acelerómetro 458 disminuye en consecuencia. Por lo tanto, el robot 101 puede responder a tal disminución de aceleración de acuerdo, por ejemplo, con un comportamiento de estasis-escape. Al supervisar un único acelerómetro 458 con fines de detección de choques y / o de detección de estasis, el robot 101 puede omitir interruptores de choque y / u otro hardware de detección de estasis, requiriendo así posiblemente menos espacio a bordo del robot 101.

Refiriéndonos a las figuras 26 a 28, el robot 100, 101 puede navegar sobre superficies de suelo, tales como baldosas, suelos de madera o enmoquetados, mientras recoge residuos del suelo y los introduce en la cámara de residuos / compartimento de basura 610. Cuando el robot 100, 101 navega hacia una esquina, el cepillo de rodillo delantero 510 y los cepillos extremos 540 o los cepillos de rodillo laterales 550, 560, respectivamente, pueden limpiar con eficacia un área que esté al mismo nivel que los lados de la esquina. En cambio, un robot con un contorno redondeado 10, tal como se ilustra en la figura 28, puede acercarse a una esquina 9220 aunque no se puede mover al mismo nivel que las paredes 9241, 9242 que intersectan en la esquina 9220. Como resultado de ello, el robot con un contorno redondeado 10 no puede limpiar eficazmente el área en forma de cuña 9290 que colinda con la esquina 9290. Como se ilustra en la figura 26, el robot 100, 101 puede navegar a lo largo de una trayectoria recta permaneciendo al mismo tiempo sustancialmente al mismo nivel que un borde de pared 9210, en el que una pared 9421 intersecta el suelo 9250. El robot 100, 101 incluye preferiblemente uno o más sensores antichoque 800, 1800 dispuestos o activos dentro de la parte delantera 210 del chasis 200; y a medida que el robot 100, 101 toca la pared 9241, el robot 100, 101 puede ajustar su rumbo a fin de desplazarse, por ejemplo, sustancialmente paralelo a la pared 9241.

El funcionamiento del robot 101 es controlado de preferencia por un microcontrolador 450, tal como un FREESCALE® QG8 u otro microcontrolador adecuado para recibir una entrada de los sensores del robot y accionar los motores u otros dispositivos de salida del robot 101. Como se ilustra en las figuras 29 a 32, por ejemplo, el microcontrolador 450 recibe la entrada desde el sensor antichoque 800 y envía señales de control a los motores de accionamiento 412, 422 acoplados a las ruedas motrices derecha e izquierda 410, 420. Alternativamente, puede utilizarse un microprocesador u otro sistema de circuitos de control. El robot 101 puede ejecutar software de control basado en el comportamiento; o puede funcionar, entre otras cosas, de acuerdo con bucles de control simples de un único subproceso.

El contorno rectangular de la parte delantera 210 del chasis 200 puede hacer que las esquinas del mismo choquen con obstáculos que podrían no ser detectados por los sensores antichoque o los sensores de desnivel, a diferencia de los robots de contorno redondeado que pueden girar libremente sin ese riesgo, el robot 101 responde preferentemente a choques detectados mientras gira sobre sí mismo deteniendo la rotación y volviendo directamente marcha atrás. Como resultado de esto, puede ser menos probable que el robot 101 se quede totalmente encajado o atascado, a pesar de las esquinas cuadradas de la parte delantera 210 del chasis 200. Alternativamente, el robot 101 puede comportarse de acuerdo con el software de control que en general es similar al de los robots ROOMBA® o SCOOBA®, como ejemplos.

De acuerdo con otro ejemplo, el robot 100, 101 puede volver automáticamente a un soporte o estación base para su almacenamiento después de completar un ciclo de limpieza. El robot 100, 101 también puede incluir una interfaz

eléctrica para recargar las baterías de a bordo. Además, el soporte o estación base puede incluir un receptáculo colocado por debajo de una posición "inicial" del robot 100, 101. Cuando el robot 100, 101 se interconecta al soporte y se detiene en la posición inicial, el robot 100, 101 puede accionar automáticamente la liberación de cubierta de compartimento de basura 630 y evacuar los residuos de la cámara de residuos 610 en el receptáculo del soporte situado debajo del robot 100, 101.

En aplicaciones de robot que utilizan el receptor omnidireccional 900, la estación base puede incluir un emisor de haz omnidireccional y dos emisores de campo de navegación. El robot 100 puede maniobrar hacia la estación base detectando y avanzando a lo largo de uno de los bordes laterales de campo de los campos superpuestos alineados con una dirección de acoplamiento hasta que se acople en la estación base. El robot 100 puede detectar las emisiones de la estación base con el receptor omnidireccional 900 y maniobrar para detectar un borde de campo lateral exterior de al menos una emisión de campo. El robot 100 puede entonces avanzar a lo largo del borde de campo lateral exterior hasta el borde de campo lateral alineado de los campos superpuestos. Al detectar el borde de campo lateral alineado, el robot 100 avanza a lo largo del borde de campo lateral alineado hasta que se acopla en la estación base.

La figura 33 es un diagrama de bloques que muestra una arquitectura de software de comportamiento dentro del controlador 450. La arquitectura de software de comportamiento incluye comportamientos orientados a objetivos. El robot 100, 101 emplea una arquitectura de software y control que tiene una serie de comportamientos que son ejecutados por un mediador 1005 en el controlador 450. El mediador 1005 ejecuta órdenes en accionadores de motor 1010 en comunicación con cada motor de accionamiento 412, 422. Un comportamiento se introduce en el mediador 1005 en respuesta a un evento de sensor. En una aplicación, todos los comportamientos tienen una prioridad relativa fija con respecto a otro. El mediador 1005 (en este caso) reconoce condiciones de habilitación, teniendo tales comportamientos un conjunto completo de condiciones de habilitación, y selecciona el comportamiento que tiene la mayor prioridad entre aquellos que han cumplido las condiciones de habilitación. El diagrama mostrado en la figura 33 no refleja necesariamente la jerarquía de prioridad (fija) del robot 100, 101. En orden decreciente de prioridad, los comportamientos son generalmente clasificados como comportamientos de escape y / o evasión (tales como evitar un desnivel o escapar de una esquina) y comportamientos de trabajo (por ejemplo, seguir la pared, rebotar o conducirse en línea recta). El movimiento del robot 100, 101, si es que hay, se produce mientras se modera un comportamiento. Si hay más de un comportamiento en el mediador 1005, se ejecuta el comportamiento con una mayor prioridad, siempre y cuando se cumplan las correspondientes condiciones requeridas. Por ejemplo, un comportamiento de evasión de desnivel 1400 no será ejecutado a menos que un sensor de detección de desnivel haya detectado un desnivel, aunque la ejecución del comportamiento de evasión de desnivel 1400 siempre tiene prioridad sobre la ejecución de otros comportamientos que también han cumplido condiciones de habilitación.

Los comportamientos reactivos tienen, como condiciones de habilitación o activadores de los mismos, varios sensores y detecciones de fenómenos, aunque, en general, no estados (arbitrarios) de una secuencia. Como se muestra en la figura 33, éstos incluyen sensores para la evasión y detección de obstáculos, tales como sensores de desnivel 710, un detector de estasis 720, un sensor de proximidad lateral 730, un sensor antichoque 800, y / o un receptor omnidireccional 900 (por ejemplo, para la detección de una señal de pared virtual (que en su lugar puede ser considerado como un activador de cubrimiento)). Los sensores de este tipo son supervisados y acondicionados por filtros, acondicionamiento, y sus accionadores, que pueden generar las condiciones de habilitación, así como datos de registro que ayudan al comportamiento a actuar de manera predecible y en toda la información disponible (por ejemplo, conversión a señales "verdaderas/falsas" de un bit que registran el ángulo de probabilidad de impacto o incidencia en base a las diferencias de tiempo o a la fuerza de un grupo de sensores, o información histórica, promedio, frecuencia, o información de varianza).

Se pueden representar sensores físicos reales en la arquitectura mediante sensores "virtuales" sintetizados desde el acondicionamiento y los accionadores. Otros sensores "virtuales" se sintetizan a partir de propiedades físicas detectables o interpretadas, propioceptivas o interpretadas sobre el robot 100, 101 tales como sobrecorriente de una condición de motor, estasis o atasco del robot 100, 101, estado de carga de batería a través de coulometría, y otros sensores virtuales "virtual N".

En algunas aplicaciones, el robot 100 incluye los siguientes comportamientos enumerados en orden de prioridad de mayor a menor: 1) Grupo de Interfaz de Usuario 1100, 2) Grupo de Pruebas de Fábrica 1200, 3) Grupo de Seguimiento de Choque Marcha atrás 1300, 4) Grupo de Evasión de Desnivel 1400, 5) Rebote Posterior 1500, 6) Grupo de Seguimiento de Choque 1600, 7) Rebote 1700, y 8) Desplazamiento 1800. Un grupo de comportamiento se refiere a un conjunto de comportamientos que trabajan juntos para aplicar un comportamiento global. Por ejemplo, el comportamiento de "Grupo de Interfaz de Usuario" es un conjunto de tres comportamientos que manipulan la interfaz de usuario mientras el robot está en reposo.

El robot puede incluir una interfaz de usuario 370, que es un solo botón de limpieza / encendido en los ejemplos mostrados en las figuras 1 y 17, para permitir a un usuario interactuar con el robot 100. Los siguientes subcomportamientos del comportamiento de grupo de interfaz de usuario 1100, con prioridad de mayor a menor,

ejecutan la interfaz de usuario 370 aplicada como un solo botón de limpieza / encendido: 1) Usuario Inactivo 1110, 2) Usuario Inicia 1120, y 3) Usuario no hace nada 1130. Los siguientes subcomportamientos del comportamiento de Grupo de Pruebas de Fábrica 1200, con prioridad de mayor a menor, aplican un modo de pruebas de fábrica para fines de control de calidad: 1) Pruebas de fábrica Completas 1210, 2) Pruebas de Fábrica Avanzan 1220, y 3) Prueba de Fábrica 1230.

Los siguientes subcomportamientos, a los que se les da prioridad de mayor a menor, aplican el comportamiento de escape de Seguimiento de Choque Marcha Atrás 1300: 1) Oscilación de Escape de Seguimiento de Choque Marcha Atrás 1310, 2) Giro de Seguimiento de Choque Marcha Atrás 1320, y 3) Arco de Seguimiento de Choque Marcha Atrás 1330. Debido a la forma rectangular de la parte delantera 210 del chasis 200, es posible que el robot 100 se desplace a un espacio demasiado estrecho para girar en el mismo (por ejemplo, un espacio de aparcamiento). Estas áreas de confinamiento se conocen como cañones. El término "cañón" se refiere genéricamente a cualquier fuente de confinamiento estrecha. Si un desnivel restringe de manera similar el robot 100 a un espacio estrecho, esto se conoce como plancha. Ya que la estrategia para escapar de estos obstáculos de confinamiento es la misma, los datos del sensor de desnivel direccional y del sensor antichoque se añaden a un conjunto de cuatro sensores de "confinamiento direccional", que son la base para la descripción que viene a continuación. Los cuatro sensores son delantero-izquierdo, delantero-derecho, posterior-izquierdo y posterior-derecho. La dirección de un seguimiento de choque marcha atrás es en sentido horario si el comportamiento del Arco de Seguimiento de Choque Marcha atrás 1330 acciona el robot 100 hacia atrás mientras gira en sentido horario. La dirección de un seguimiento de choque marcha atrás es en sentido antihorario si el comportamiento de Arco de Seguimiento de Choque Marcha Atrás 1330 acciona el robot 100 hacia atrás mientras gira en sentido antihorario.

El comportamiento de Oscilación de Escape de Seguimiento de Choque Marcha Atrás 1310 hace que el robot 100 gire sobre sí mismo con suficiente avance angular para deducir la presencia de un cañón. La condición de activación para el comportamiento de Oscilación de Escape de Seguimiento de Choque Marcha Atrás 1310 se evalúa al final del comportamiento de Giro de Seguimiento de Choque Marcha Atrás 1320. Después de que se arma el comportamiento de Oscilación de Escape de Seguimiento de Choque Marcha Atrás 1310, este se ejecuta una vez y luego se desactiva hasta que se arma nuevamente mediante el comportamiento de Giro de Seguimiento de Choque Marcha Atrás 1320. Al comienzo del comportamiento de Oscilación de Escape de Seguimiento de Choque Marcha Atrás 1310, se establece un ángulo de escape en un número aleatorio de entre 120 y 160 grados. El robot 100 a continuación gira sobre sí mismo en la dirección opuesta a la dirección de seguimiento de choque hacia atrás hasta que obtenga el ángulo de escape. Si no aparece ninguna fuente de confinamiento direccional posterior mientras gira sobre sí mismo, el robot 100 se mueve hacia adelante para evitarlas. Si se encuentra una fuente de confinamiento direccional delantera, se suspende el giro sobre sí mismo. Después de completar el giro sobre sí mismo, el éxito del escape se determina en el siguiente orden. En primer lugar, el giro sobre sí mismo fue suspendido debido a la detección de una fuente de confinamiento delantera, el avance angular del giro sobre sí mismo se compara con un ángulo de escape mínimo que se calcula mediante la generación de un número aleatorio de entre 80 y 120 grados. Si el avance angular no sobrepasa esta cantidad, realiza una maniobra similar para el comportamiento de Giro de Seguimiento de Choque Marcha Atrás 1320. Esto se hace para devolver al robot 100 de nuevo a una orientación conducente a continuar el seguimiento de choque marcha atrás. En segundo lugar, si el giro sobre sí mismo fue suspendido debido a la detección de una fuente de confinamiento delantera, y el avance angular sobrepasaba el ángulo mínimo de escape calculado por encima, aunque inferior al ángulo de escape calculado al principio del comportamiento, se hace lo siguiente. La activación de seguimiento de choque marcha atrás se cancela, y se activa un seguimiento de choque hacia adelante si la fuente de confinamiento que detuvo el giro era un choque. Esto mejora las posibilidades de que el robot 100 encuentre su camino de salida de un sitio estrecho sin detectar un nuevo cañón y reactivando el seguimiento de choque marcha atrás. En tercer lugar, si el giro sobre sí mismo se completa debido a que ha logrado el ángulo de escape calculado en el inicio del comportamiento, se cancela la activación de seguimiento de choque marcha atrás.

El comportamiento de Giro de Seguimiento de Choque Marcha Atrás 1320 trata de orientar el robot 100 con respecto a un obstáculo de manera que pueda avanzar hacia adelante mientras forma de nuevo un arco hacia el obstáculo. Simplemente girando sobre sí mismo, como haría un robot circular, no es suficiente para el robot 100 ya que la parte delantera rectangular 210 del chasis 200, en algún momento, chocaría con el obstáculo y evitaría que el robot 100 siguiera girando sobre sí mismo. Para evitar este problema, el robot 100, en su lugar sigue un arco estrecho para mantener un espacio desde el obstáculo. El comportamiento de Giro de Seguimiento de Choque Marcha Atrás 1320 que comienza después del retorno a lo largo de un arco que se realiza en el comportamiento de Arco de Seguimiento de Choque Marcha Atrás 1330, termina como resultado de la activación del parachoques posterior. La primera tarea del comportamiento de Giro de Seguimiento de Choque Marcha Atrás 1320 es liberar el parachoques 300 del golpe posterior. Esto se realiza accionando del robot 100 hacia adelante hasta que el parachoques 300 se libere. Mientras se hace esto, se manipulan fuentes de confinamiento delanteras de la siguiente manera. Una fuente de confinamiento delantera izquierda hace que el robot 100 gire en sentido horario. Una fuente de confinamiento delantera derecha hace que el robot 100 gire en sentido antihorario. Después de que se libera el parachoques 300, el robot 100 calcula un radio de arco aleatorio restringido y el avance angular que debe seguir en la dirección hacia adelante con el fin de reorientar el robot 100 para la próxima repetición del comportamiento de Arco de Seguimiento de Choque Marcha Atrás 1330. El robot 100 se desplaza a lo largo de este arco hasta que logra el avance angular calculado. Mientras se hace esto, el robot 100 responde al sensor de confinamiento delantero 710, 730, 800 (por

ejemplo, sensor de desnivel 710, sensor de proximidad 730 y / o sensor antichoque 800) en el lado opuesto del robot 100 con respecto al obstáculo que está siguiendo. Cuando se detecta esto, el robot 100 gira sobre sí mismo en la misma dirección de rotación que el arco que está siguiendo. El comportamiento de Giro de Seguimiento de Choque Marcha Atrás 1320 termina cuando logra el avance angular calculado o se activa el sensor de confinamiento delantero 710, 730, 800 en el mismo lado del robot 100 que el obstáculo que está siguiendo. Al final del comportamiento, se utiliza un generador de número aleatorio para decidir si se activa, o no, un comportamiento de Oscilación de Escape de Seguimiento de Choque Marcha Atrás 1310. Como mínimo, la probabilidad de activar el comportamiento de Oscilación de Escape de Seguimiento de Choque Marcha Atrás 1310 será de aproximadamente 20%. Si el avance angular del comportamiento de Giro de Seguimiento de Choque Marcha Atrás 1320 fuera de entre aproximadamente 2 y aproximadamente 5 grados, la probabilidad aumentaría a aproximadamente 50%. Si el avance angular es inferior a 2 grados, la probabilidad es de aproximadamente 100%.

El comportamiento de Arco de Seguimiento de Choque Marcha Atrás 1330 trata de avanzar hacia adelante mientras mantiene un obstáculo cerca de un lado del robot 100 desplazándose hacia atrás en un arco que comienza poco pronunciado y se hace cada vez más agudo a medida que transcurre el tiempo en el comportamiento. El comportamiento de Arco de Seguimiento de Choque Marcha Atrás 1330 se ejecuta cuando el robot 100 está en el modo de seguimiento de choque marcha atrás 1300 y no se ha activado ninguno de los otros comportamientos de seguimiento de choque marcha atrás 1310, 1320. Mientras se desplaza por el arco, el robot 100 responderá al sensor de confinamiento delantero 710, 730, 800 (por ejemplo, sensor de desnivel 710, sensor de proximidad 730, y / o sensor antichoque 800) en el lado opuesto del robot 100 con respecto al obstáculo. Este hace esto girando sobre sí mismo en la dirección de rotación opuesta al arco que está siguiendo. El comportamiento de Arco de Seguimiento de Choque Marcha Atrás 1330 termina cuando se activa un sensor de confinamiento posterior 710, 800 (por ejemplo, sensor de desnivel 710 y / o sensor antichoque 800) o el arco ha hecho más de 120 grados de avance angular.

El comportamiento de Grupo de Evasión de Desnivel 1400 es un conjunto de comportamientos de escape que incluyen los siguientes subcomportamientos, con prioridad de mayor a menor: 1) Parte Posterior de Evasión de Desnivel 1410, y 2) Evasión de Desnivel 1420. Refiriéndonos a la figura 4, en las aplicaciones preferidas, el robot 100 tiene cuatro sensores de desnivel 710 colocados en los extremos delantero derecho, delantero izquierdo, posterior derecho y posterior izquierdo del robot 100. Los sensores de desnivel delantero derecho y delantero izquierdo 710A, 710B detectan el momento en el que las respectivas esquinas delanteras del robot 100 se mueven sobre un desnivel. Ya que el sistema de accionamiento 400 está colocado por detrás del conjunto de limpieza 500, que se encuentra cerca del borde delantero, el robot 100 puede retornar antes de que una cantidad apreciable del robot 100 se mueva sobre el borde de desnivel. Los sensores de desnivel posterior derecho y posterior izquierdo 710C, 710D están colocados directamente por detrás de las respectivas ruedas motrices derecha e izquierda 410, 420. Como resultado de ello, los sensores de desnivel posterior derecho y posterior izquierdo 710C, 710D detectan el momento en el que una parte posterior del robot 100 se mueve sobre un borde de desnivel antes de que las ruedas motrices 410, 420 se muevan sobre el borde de desnivel, a fin de evitar el desplazamiento marcha atrás en la inclinación de un desnivel. Si el robot 100 incluyera sensores de desnivel posteriores 710 sólo a lo largo de una parte central de la parte posterior 220 del chasis 200, el robot 100 podría desplazarse marcha atrás angularmente y mover una rueda motriz 410, 420 sobre un borde de desnivel antes de detectar el borde de desnivel.

El comportamiento de Parte Posterior de Evasión de Desnivel 1410 se ejecuta siempre que se activan los sensores de desnivel posteriores 710C, 710D. Los sensores de desnivel delanteros 710A, 710B también se manipulan en este comportamiento 1410, ya que tienen mayor prioridad que la Evasión de Desnivel 1420. Al inicio del comportamiento de Parte Posterior de Evasión de Desnivel 1410, se selecciona una dirección de escape en el sentido horario o antihorario. La decisión se toma en el siguiente orden. 1) Si se activa el sensor de desnivel delantero izquierdo 710B, establecer sentido horario. 2) Si se activa el sensor de desnivel delantero derecho 710A, establecer sentido antihorario. 3) Si se activa el sensor de desnivel posterior derecho 710C, establecer sentido horario. 4) Si se activa el sensor de desnivel posterior izquierdo 710D, establecer sentido antihorario. Después de establecer la dirección, el robot 100 gira en la dirección especificada a lo largo de un arco que está centrado en una rueda motriz 410, 420. Durante el desplazamiento, los sensores de desnivel delanteros 710 se supervisan y se utilizan para cambiar la dirección de desplazamiento de la siguiente manera. Si se activa el sensor de desnivel delantero derecho 710A, el robot 100 gira sobre sí mismo en sentido antihorario. Si se activa el sensor de desnivel delantero izquierdo 710B, el robot 100 gira sobre sí mismo en sentido horario. El robot 100 continúa desplazándose como se describe anteriormente hasta que no se activan ambos sensores de desnivel posteriores 710C, 710D.

El comportamiento de Evasión de Desnivel 1420 sólo manipula los sensores desnivel delanteros 710A, 710B del robot 100 y por lo general se ejecuta cuando el robot 100 se está desplazando hacia adelante. Al inicio del comportamiento de Evasión de Desnivel 1420, se elige una dirección de escape en base a qué sensores de desnivel delanteros 710A, 710B se han activado. Si solo se activa el sensor de desnivel delantero izquierdo 710B, se elige la dirección de escape en sentido horario. Si sólo se activa el sensor de desnivel delantero derecho 710A, se elige la dirección de escape en sentido antihorario. Si se activan ambos sensores desnivel delanteros 710A, 710B, la dirección de escape se selecciona de manera aleatoria. Un ángulo de escape se elige de manera aleatoria de entre aproximadamente 25 grados y aproximadamente 50 grados. El comportamiento de Evasión de Desnivel 1420 comienza retornando recto hasta que no se activan ambos sensores de desnivel delanteros 710A, 710B. A

continuación, el robot 100 gira sobre sí mismo hasta que logre el ángulo de escape. Si alguno de los sensores de desnivel delanteros 710A, 710B se reactiva como parte del giro sobre sí mismo, todo el comportamiento de Evasión de Desnivel 1420 se reactiva y por tanto se vuelve a ejecutar.

5 El comportamiento de rebote posterior 1500 se ejecuta cuando el parachoques 300 se activa desde la dirección posterior. Esto sucede con más frecuencia cuando el robot 100 se desplaza marcha atrás para liberar la parte delantera del parachoques 300 como parte del comportamiento de rebote 1700. El robot 100 se desplaza hacia adelante hasta que se libera el parachoques 300, y luego continúa hacia adelante otros 5 mm con el fin de reducir la posibilidad de que el giro sobre sí mismo a realizar no reactive un choque posterior. Una dirección de rotación para el giro sobre sí mismo se decide en función de la dirección del golpe del parachoques posterior original. Si el golpe viene del lado posterior derecho del robot 100, se elige el sentido antihorario. Si el choque viene del lado posterior izquierdo del robot 100, se elige el sentido horario. Si el choque viene de la parte central de la parte posterior, la dirección se elige de manera aleatoria. Un ángulo de escape se elige de manera aleatoria de entre aproximadamente 10 grados y aproximadamente 200 grados. El robot 100 gira en la dirección elegida hasta que logre el ángulo de escape.

15 El Grupo de Seguimiento de Choque 1600 incluye los siguientes subcomportamientos con prioridad de mayor a menor: 1. Alineamiento de Pared de Seguimiento de Choque 1610, 2. Arco de Seguimiento de Choque 1620. El seguimiento de choque se utiliza para escapar de zonas sucias y limpiarlas. También se utiliza para seguir una pared con el objetivo de hacer circular el robot 100 de manera uniforme a través de su espacio de suelo.

20 El comportamiento de Alineamiento de Pared de Seguimiento de Choque 1610 está diseñado para alinear el lateral del robot 100 con un obstáculo tal como una pared. Si la dirección de seguimiento de choque es en sentido horario, el objetivo es tener el lado izquierdo del robot contra la pared. Si la dirección es en sentido antihorario, el objetivo es tener el lado derecho del robot contra la pared. Cuando se habilita el seguimiento de choque, el comportamiento de Alineamiento de Pared de Seguimiento de Choque 1610 comienza cuando se activa un choque frontal. La ubicación del golpe de parachoques se utiliza para decidir hasta qué punto el robot 100 debe girar sobre sí mismo antes de realizar otra repetición del comportamiento de Arco de Seguimiento de Choque 1620. Si el parachoques 300 se activa en el lado del parachoques 300 que no debe estar cerca del obstáculo, el robot 100 establece un objetivo de giro sobre sí mismo de entre unos 25 grados y unos 45 grados. Este incremento mayor ahorra tiempo en el proceso de alineación. Si el parachoques 300 se activa en el lado que debe estar cerca del obstáculo, el robot 100 gira sobre sí mismo en la dirección que hace oscilar el parachoques 300 aún más hacia el obstáculo. El objetivo de esta maniobra es ver si el parachoques 300 tiende a permanecer acoplado o se libera. Si se libera, esto sugiere que el robot 100 aún no está en un ángulo muy poco pronunciado con respecto a la pared, y se selecciona un objetivo de giro sobre sí mismo de entre aproximadamente 5 grados y aproximadamente 25 grados. De otro modo, es probable que el robot 100 esté en un ángulo poco pronunciado con respecto a la pared y se seleccione un objetivo de giro sobre sí mismo de entre aproximadamente 1 grado y aproximadamente 5 grados. Si se ha seleccionado un objetivo de giro sobre sí mismo mayor de 5 grados, el robot 100 retorna hasta que se libere el parachoques 300. El robot 100 gira sobre sí mismo en la dirección que hace oscilar la parte delantera del robot 100 alejándose del obstáculo hasta que se logre el ángulo fijado como objetivo. Si el parachoques 300 se reactiva durante el giro sobre sí mismo, el robot 100 retorna lo suficiente para liberarlo.

40 El comportamiento de Arco de Seguimiento de Choque se ejecuta cuando se habilita el modo de seguimiento de choque 1600 y no está activado el Alineamiento de Pared de Seguimiento de Choque 1610. El robot 100, al principio, se desplaza hacia adelante siguiendo un arco poco pronunciado con el fin de avanzar hacia adelante. A medida que transcurre más tiempo, el arco se estrecha gradualmente para poner al robot 100 de nuevo en contacto con el obstáculo. Esto permite que el obstáculo sea seguido de cerca, lo que puede ayudar al robot 100 a encontrar su camino alrededor de sí mismo. Si se selecciona el modo de seguimiento de choque 1600 para maniobrar a través de la suciedad, el robot 100 puede continuar formando un arco sin un golpe de parachoques en un máximo de alrededor de 100 grados de avance angular. En ese punto, el seguimiento de choque 1600 se considera terminado debido a que el robot se escapa. Si se selecciona el modo de seguimiento de choque 1600 para ayudar a hacer circular el robot 100 a través de su espacio, puede continuar formando un arco sin un golpe de parachoques en un máximo de alrededor de 210 grados para permitir el giro en esquinas de pared. En ese punto, la pared se considera perdida y termina el comportamiento de seguimiento de choque 1600.

55 El comportamiento de rebote 1700 se ejecuta cuando el parachoques 300 se activa desde la dirección frontal. El robot 100 se desplaza hacia atrás hasta que el parachoques 300 se libera. Luego continúa hacia atrás otros 30 mm con el fin de reducir la posibilidad de que el giro sobre sí mismo a realizar no reactive el parachoques 300 desde la parte delantera. Este gran espacio libre adicional se requiere debido a que la forma rectangular de la parte delantera del parachoques 300 crea la posibilidad de que la esquina del parachoques 300 oscile para ponerse en contacto con el obstáculo al girar sobre sí mismo. Una dirección de rotación para el giro sobre sí mismo se decide en función de la dirección del golpe frontal original en el parachoques 300. Si el golpe viene del lado delantero derecho del robot 100, se elige el sentido antihorario. Si el choque viene del lado delantero izquierdo del robot 100, se elige el sentido horario. Si el choque es en la parte central de la parte delantera, la dirección se elige de manera aleatoria. Un ángulo de escape se elige de manera aleatoria de entre aproximadamente 10 grados y aproximadamente 200 grados. El robot 100 gira en la dirección elegida hasta que logra el ángulo de escape.

El comportamiento de desplazamiento 1800 puede funcionar cuando ningún otro comportamiento esté activo. El robot 100 se desliza en línea recta hasta que experimenta un evento que activa otro comportamiento.

5 El robot 100 mantiene procesos simultáneos 2000, procesos "paralelos" que no son generalmente considerados comportamientos reactivos. Como se ha señalado, filtros y acondicionamientos 2400 y accionadores 2500, pueden interpretar y enviar señales en bruto. Estos procesos no se consideran comportamientos reactivos, y ejercen un control no directo sobre los accionadores de motor u otros actuadores.

Algunos procesos paralelos 2000 son importantes para facilitar la activación y ejecución de diversos comportamientos. Estos procesos son máquinas de estados finitos de software que se evalúan a una frecuencia de, por ejemplo, 64 Hertz. El periodo se conoce como el intervalo de procesamiento.

10 En algunas aplicaciones, el robot 100 incluye un proceso de Detección de Cañón 2100, que ayuda a identificar cañones. Un cañón se anuncia mediante la supervisión de cuatro señales. Cada una de estas señales se evalúa en cada intervalo de procesamiento. Cuando la señal de entrada es verdadera, la señal de salida se convierte en verdadera. La señal de salida se convierte en falsa después de 100 intervalos de procesamiento consecutivos de la señal de entrada siendo falsa. Las cuatro señales de entrada se evalúan de la siguiente manera: 1) El sensor de desnivel delantero izquierdo 710B está activo y el sensor de desnivel delantero derecho 710A está inactivo, o el sensor de desnivel posterior izquierdo 710D está activo y el sensor de desnivel posterior derecho 710C está inactivo. 15 2) El sensor de desnivel delantero derecho 710A está activo y el sensor de desnivel delantero izquierdo 710B está inactivo o el sensor de desnivel posterior derecho 710C está activo y el sensor de desnivel posterior izquierdo 710D está inactivo. 3) El parachoques 300 es comprimido por el lado delantero izquierdo del robot 100. 4) El parachoques 20 300 es comprimido por el lado delantero derecho del robot 100. Las versiones procesadas de estas señales se denominan, respectivamente, de la siguiente manera: 1) desnivel-izquierdo-se mantiene; 2) desnivel-derecho-se mantiene; 3) choque-izquierdo-se mantiene; y 4) choque-derecho-se mantiene. Un cañón se detecta cuando desnivel-izquierdo-se mantiene o choque-izquierdo-se mantiene son verdaderos mientras que desnivel-derecho-se mantiene o choque-derecho se mantiene son verdaderos. Cuando se detecta un cañón, se habilita el Grupo de Seguimiento de Choque Marcha Atrás 1300. 25

En algunas aplicaciones, el robot 100 incluye un proceso de Avance hacia Adelante 2200. En el proceso de Avance hacia Adelante 2200, cada intervalo de procesamiento, el avance hacia adelante del robot 100 se añade a un acumulador, mientras se resta una cantidad de distancia fija que corresponde a 1 milímetro. Cuando este acumulador alcanza los 100 milímetros, el avance hacia adelante se declara como verdadero. Al acumulador no se le permite superar los 200 milímetros. Cuando el avance hacia adelante es verdadero durante 10 segundos, se permite que el Grupo de Seguimiento de Choque Marcha Atrás 1300 escape del ambiente excesivamente sucio por el que está pasando el robot 100. 30

En algunas aplicaciones, el robot 100 incluye un proceso de Avance de Arco de Seguimiento de Choque Marcha Atrás 2300. Mientras que el robot 100 está en el modo de seguimiento de choque marcha atrás 1300, el avance hacia adelante de cada repetición del comportamiento de Arco de Seguimiento de Choque Marcha Atrás 1330 se alimenta a un filtro de paso bajo. Al comienzo de un seguimiento de choque marcha atrás, este filtro se inicializa para 60 milímetros. Cuando la salida cae por debajo de 50 milímetros, el arco que avanza se considera deficiente. Esto activa una palanca en la dirección de seguimiento de choque marcha atrás, es decir el lado del robot 100 en el que se supone que está el obstáculo principal. 35

40 Se han descrito varias aplicaciones. Sin embargo, se entenderá que se pueden hacer varias modificaciones sin apartarse del ámbito de aplicación de la descripción. En consecuencia, otras aplicaciones están dentro del campo de aplicación de las siguientes reivindicaciones.

45

**REIVINDICACIONES**

1. Robot autónomo de cubrimiento (100, 101) que comprende:  
un chasis (200) que tiene partes delantera y posterior (210, 220), definiendo la parte delantera (210) una forma sustancialmente rectangular y definiendo la parte posterior (220) una forma arqueada;
- 5 un sistema de accionamiento (400) portado por el chasis (200) configurado para maniobrar el robot (100, 101) sobre una superficie de limpieza;
- ruedas motrices accionadas de manera diferencial derecha e izquierda (410, 420);
- un conjunto de limpieza (500) montado en la parte delantera del chasis (200); y
- 10 un compartimento de basura (610) dispuesto adyacente al conjunto de limpieza (500) y configurado para recibir residuos agitados por el conjunto de limpieza (500);
- caracterizado por que el robot (100, 101) comprende además sensores antichoque (800) dispuestos en las esquinas delanteras del chasis (200), con al menos un sensor antichoque (800) dispuesto a cada lado de cada esquina, permitiendo así que el robot (100, 101) determine una dirección y / o una ubicación de una colisión.
- 15 2. Robot autónomo de cubrimiento (100, 101) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la parte posterior (220) tiene un perfil semicircular definido por un círculo perfilado (221) que se extiende hasta la parte delantera (210) y que tiene un eje central (223).
3. Robot autónomo de cubrimiento (100, 101) de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, en el que los sensores antichoque (800) están configurados para detectar el movimiento de un cuerpo (300) o de una parte delantera (301) de un cuerpo del robot (100, 101) que funciona como un parachoques y que está acoplado de manera flexible al chasis (200) mediante uno o más elementos elásticos (309).
- 20 4. Robot autónomo de cubrimiento (100, 101) de acuerdo con la reivindicación 3, en el que los sensores antichoque (800) están configurados para detectar el movimiento de la parte delantera (301) del cuerpo (300) del robot (100, 101), cubriendo la parte delantera (301) del cuerpo (300) las partes frontal y laterales de la parte delantera (210) del chasis.
- 25 5. Robot autónomo de cubrimiento (100, 101) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el robot (100, 101) está configurado para asumir que un objeto con el que ha chocado es una pared y para girar a fin de seguir la pared; y
- en el que el robot (100, 101) está configurado para, después de girar, seguir recto a lo largo de la pared y girar ligeramente hacia la pared para deslizarse a lo largo de la pared.
- 30 6. Robot autónomo de cubrimiento (100, 101) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, en el que lados del cuerpo (300) o de la parte delantera (301) del cuerpo (300) son planos para permitir que el robot (100, 101) se deslice a lo largo de una pared.
7. Robot autónomo de cubrimiento (100, 101) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el robot (100, 101) está configurado para seguir semipasivamente la pared, incluyendo:
- 35 detectar un objeto, que se supone que es una pared, ya sea mediante el sensor antichoque (800) o un sensor de proximidad (730), portado por un lado dominante del robot (100, 101),
- girar para alinear el lado dominante del robot (100, 101) con la pared supuesta,
- desplazarse a lo largo de la pared mientras gira ligeramente en la pared para deslizarse a lo largo de la pared,
- mantener el contacto con la pared mediante contacto de detección con la pared a través del sensor antichoque (800) o el sensor de proximidad (730).
- 40 8. Robot autónomo de cubrimiento (100, 101) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las ruedas motrices derecha e izquierda (410, 420) están situadas en o cerca del eje central (223) del círculo perfilado (221) de manera que el robot (100, 101) puede girar sobre sí mismo sin atrapar la parte posterior (220) del chasis (200) en un obstáculo.
- 45 9. Robot autónomo de cubrimiento (100, 101) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que una fuente de alimentación (160), preferiblemente una batería, está colocada entre las ruedas motrices derecha e izquierda (410, 420) que colindan con el compartimento de basura (610) para colocar el centro de gravedad del

robot (100, 101) por delante de un primer eje transversal definido por las ruedas motrices derecha e izquierda (410, 420).

- 5 10. Robot autónomo de cubrimiento (100, 101) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el robot (100, 101) tiene un sistema de sensor de navegación (700) en comunicación con un controlador (450) que permite que el robot (100, 101) sea consciente de su entorno / medioambiente y reaccione de maneras o con comportamientos previstos de acuerdo con su percepción detectada de su entorno / medioambiente, incluyendo el sistema de sensor de navegación (700) uno o más sensores de desnivel (710), un detector de estasis (720), un sensor de proximidad (730), los sensores antichoque (800), y / o un receptor omnidireccional (900).
- 10 11. Robot autónomo de cubrimiento (100, 101) de acuerdo con la reivindicación 10, en el que el detector de estasis (720) indica si el robot está en movimiento o parado, preferiblemente en el que el detector de estasis (720) incluye una rueda de estasis (722) con un imán, ya sea embebido en o dispuesto sobre la rueda; y  
en el que la rueda de estasis (722) actúa como una tercera rueda.
- 15 12. Robot autónomo de cubrimiento (100, 101) de acuerdo con la reivindicación 10, en el que el sensor de proximidad (730) está dispuesto en un lado, preferiblemente en el lado derecho con respecto a una dirección principal de desplazamiento del robot (100, 101) configurado para detectar el momento en el que un objeto, preferentemente una pared, está próximo a ese lado, y en el que el robot (100, 101) está configurado para seguir un obstáculo, tal como una pared, mediante el uso del sensor de proximidad (730),  
de preferencia en el que el sensor de proximidad es un sensor de luz infrarroja compuesto de un par de emisor y de receptor colimado de forma que un volumen finito de intersección se produce en la posición esperada de una pared.
- 20 13. Robot autónomo de cubrimiento (101) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el conjunto de limpieza (500) incluye dos o más variedades de mecanismos de limpieza, tal como un aspirador y un cepillo de rodillo.
14. Robot autónomo de cubrimiento (100, 101) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que los sensores antichoque (800) también están configurados para detectar choques por detrás.
- 25 15. Robot autónomo de cubrimiento (100, 101) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que los sensores antichoque (800) dispuestos en un borde delantero (302) del robot (100, 101) están configurados para detectar colisiones delanteras y los sensores antichoque (800) dispuestos en bordes laterales derecho e izquierdo (306, 308) del robot (100, 101) están configurados para detectar colisiones laterales derecha e izquierda.

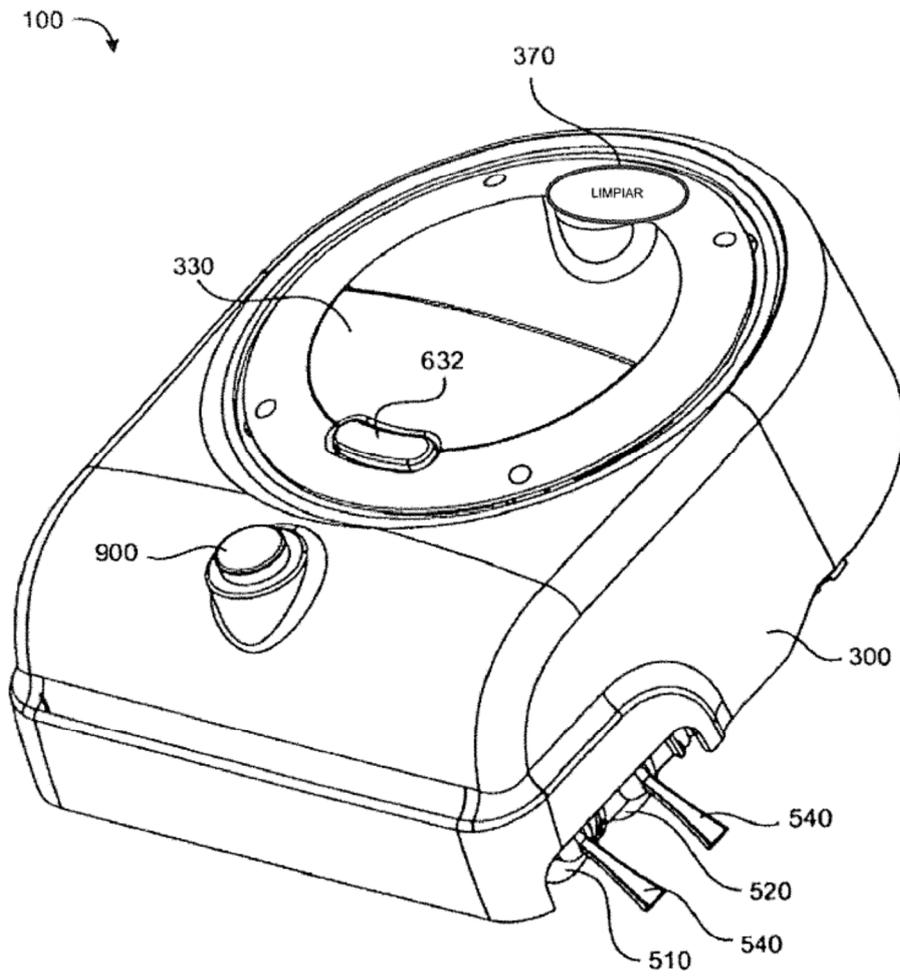


FIG. 1



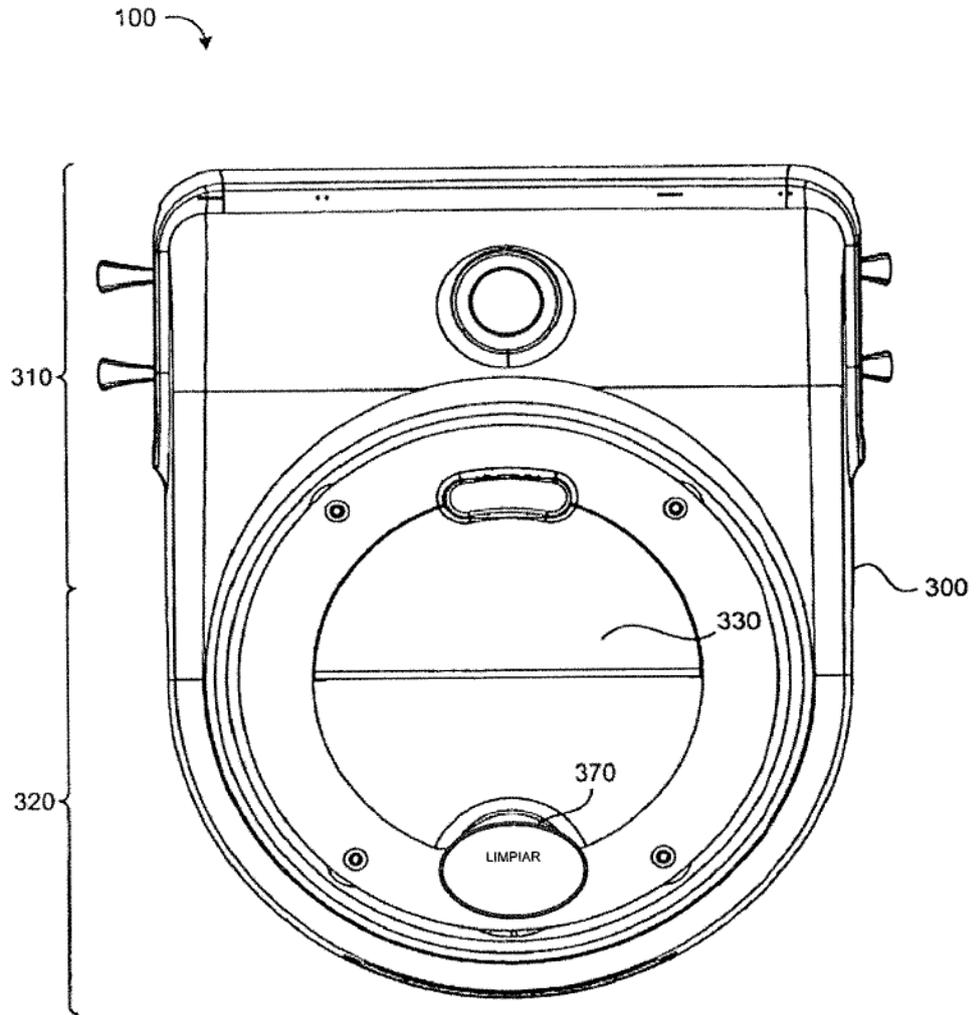


FIG. 3

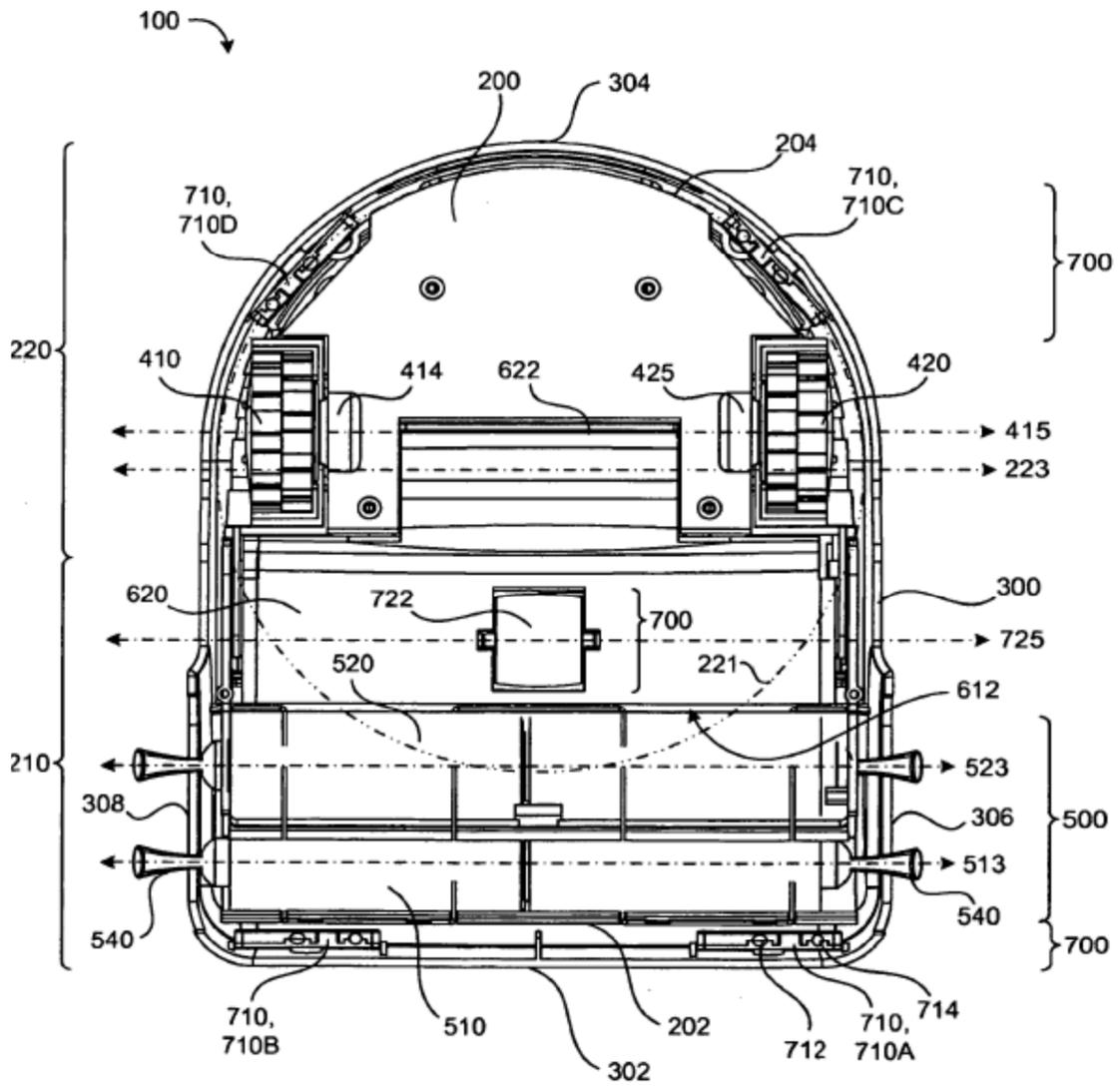
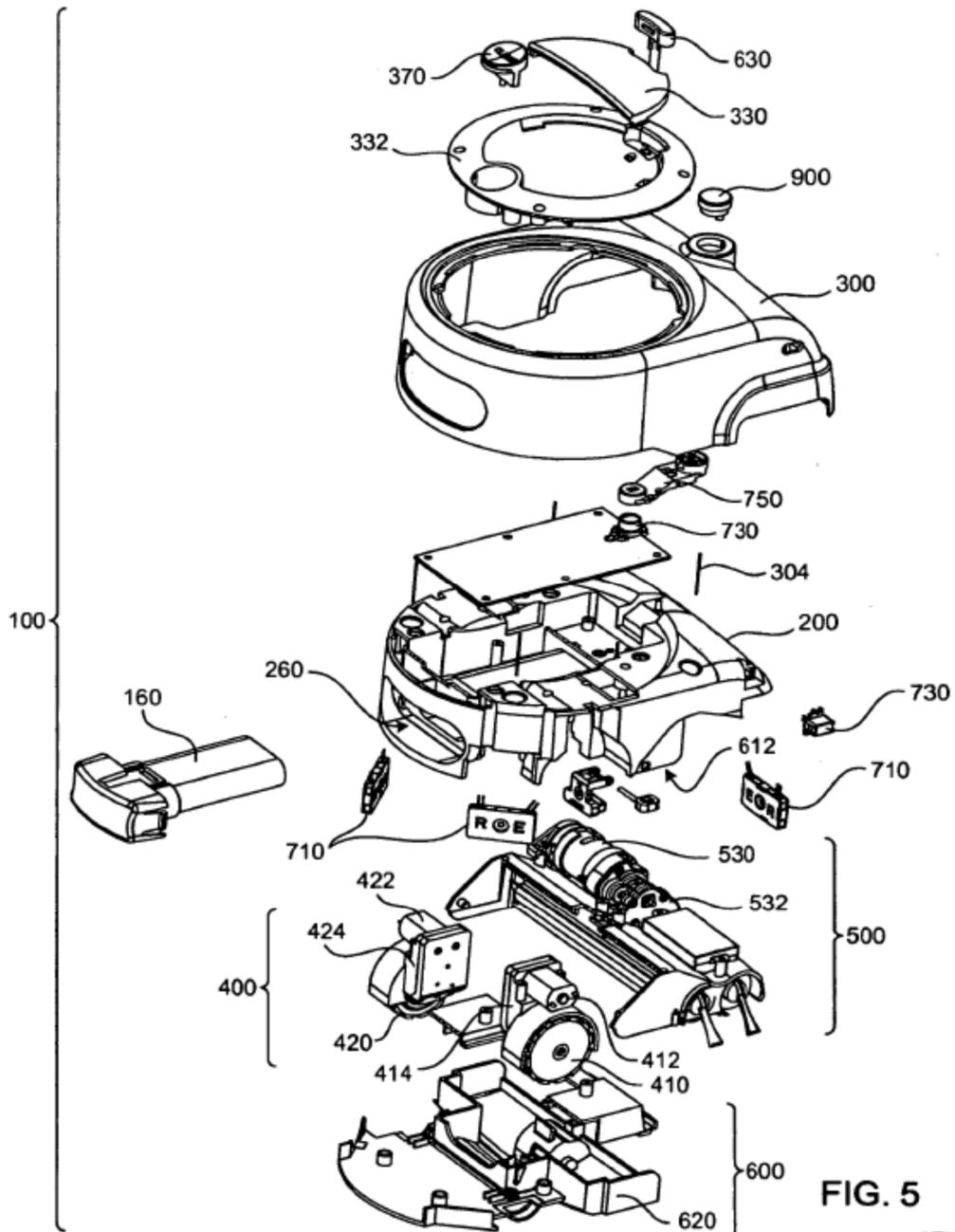


FIG. 4



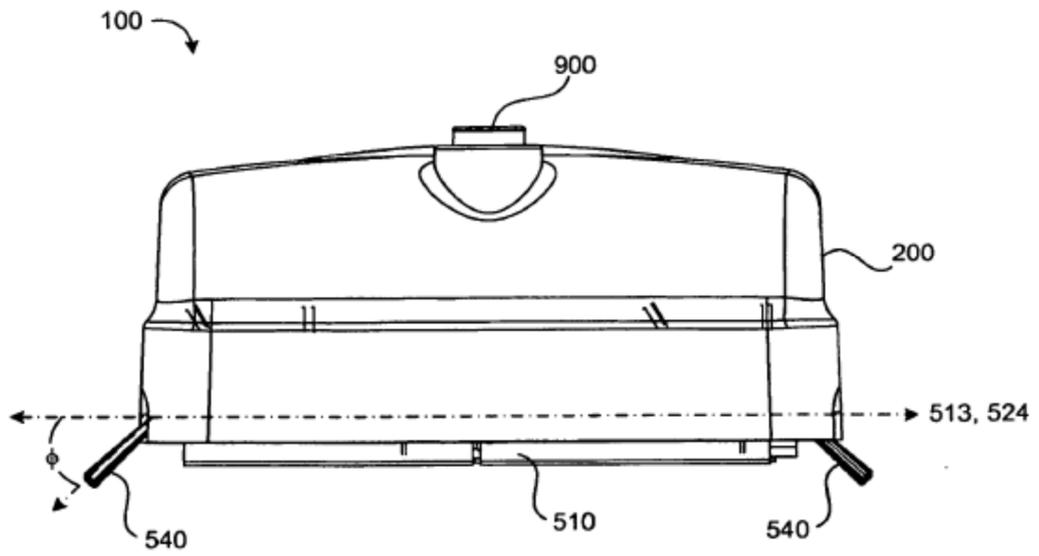


FIG. 6

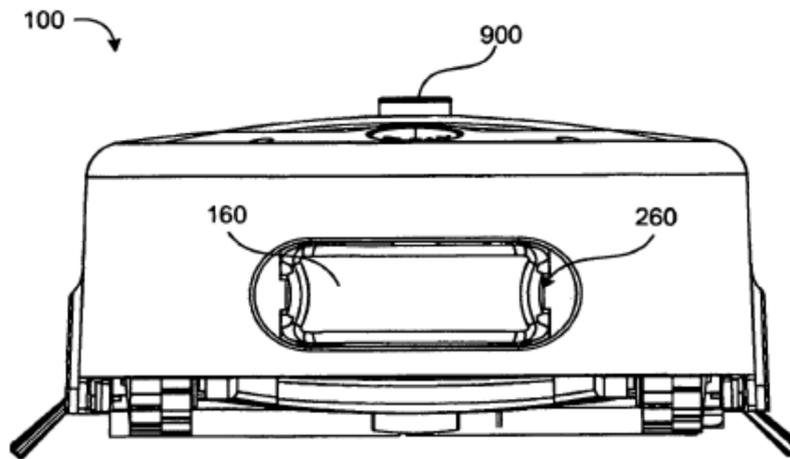
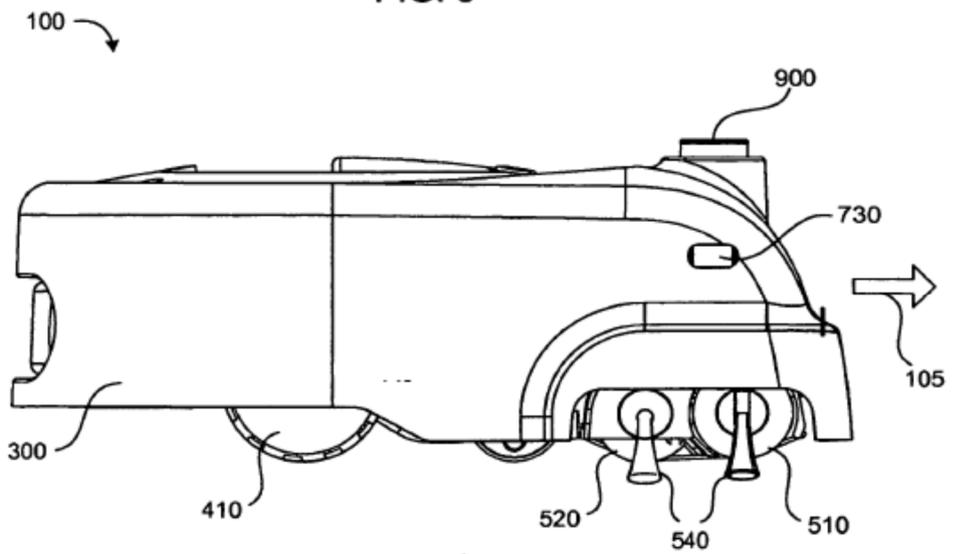
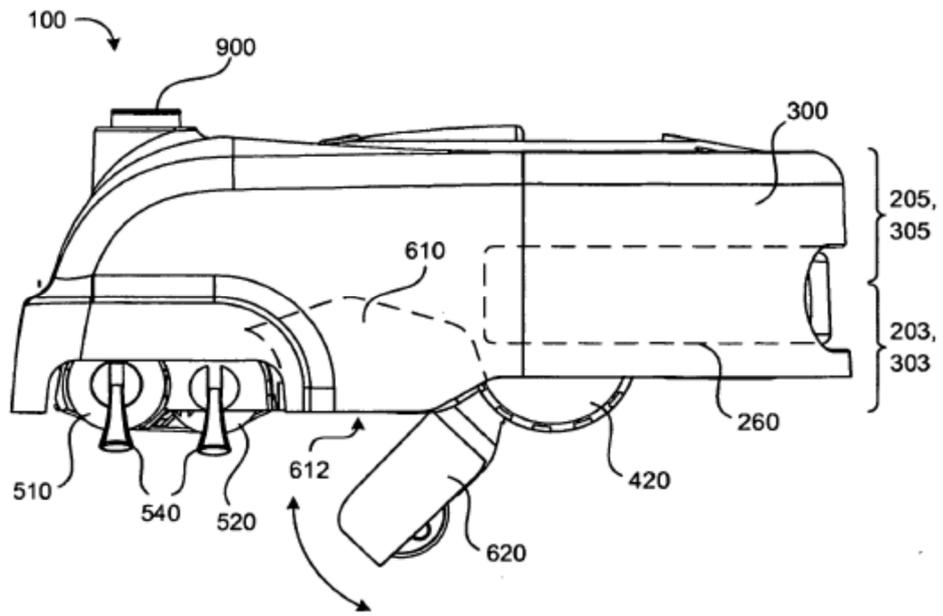


FIG. 7



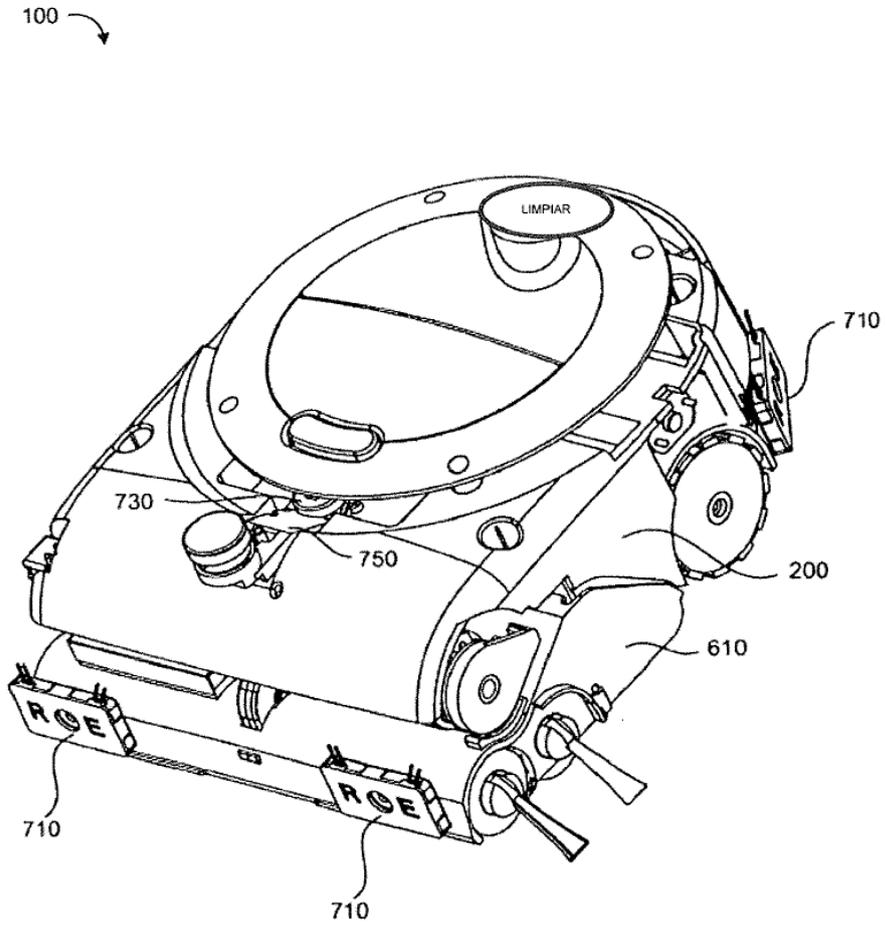


FIG. 10

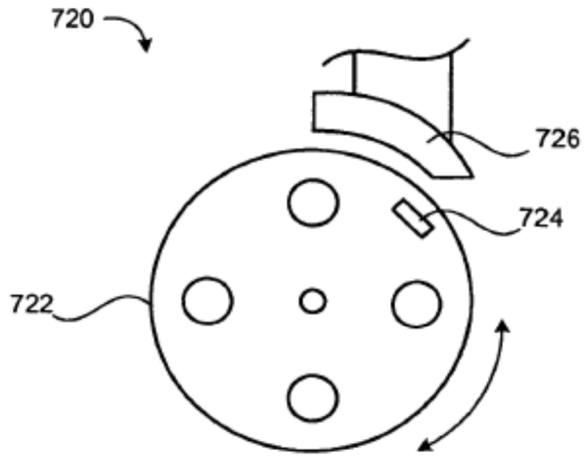


FIG. 11A

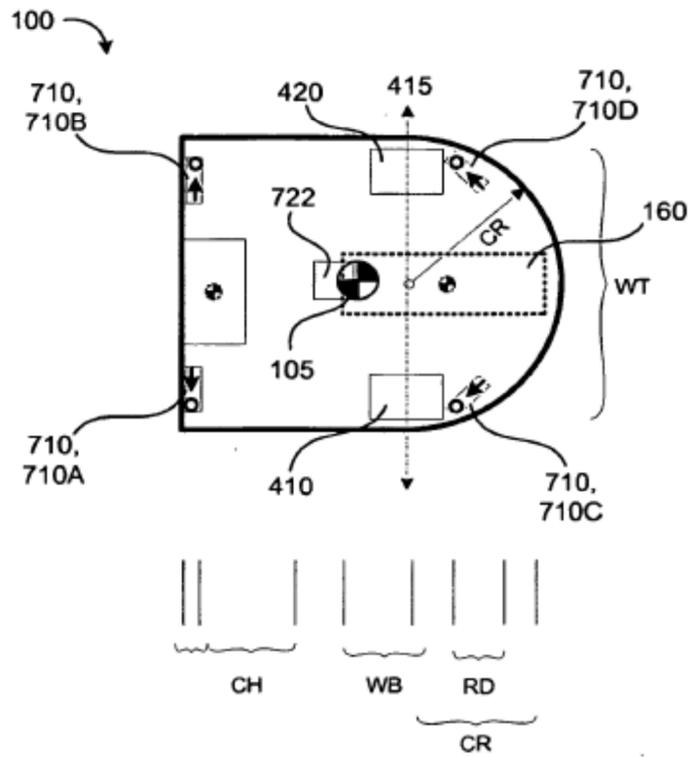


FIG. 11B

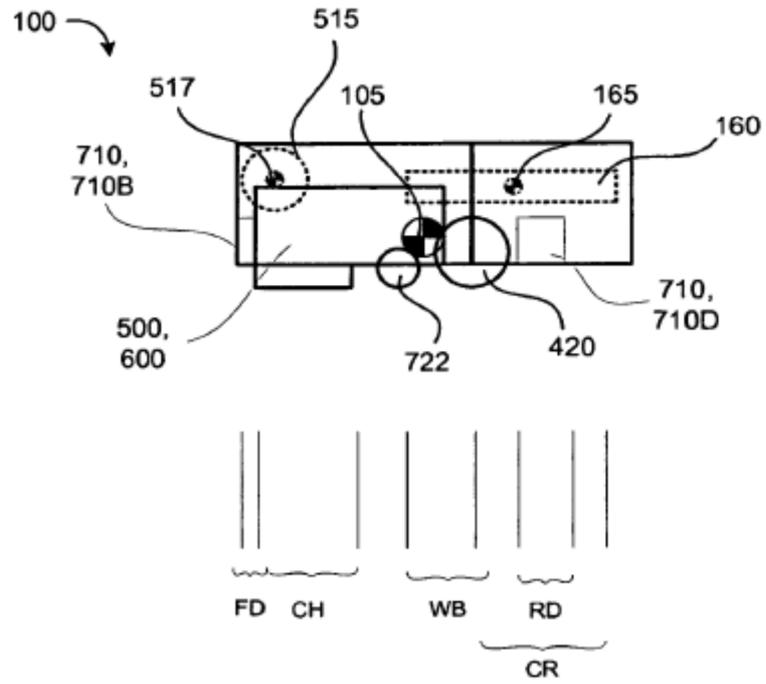


FIG. 11C

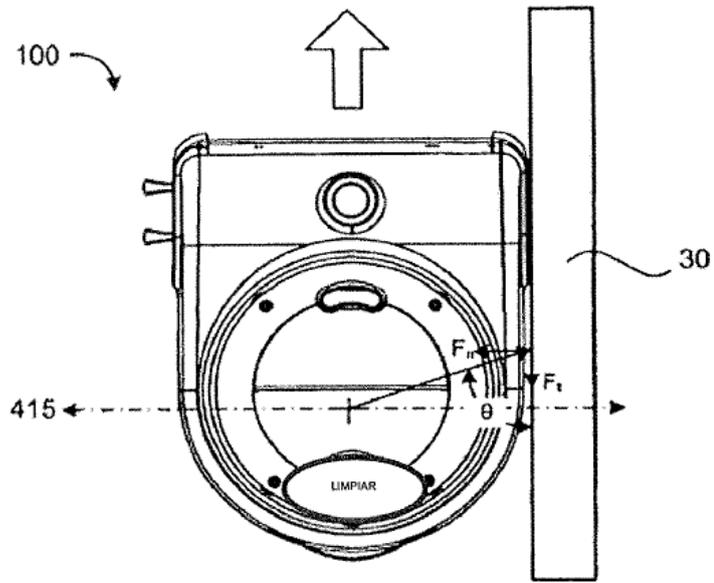


FIG. 12A

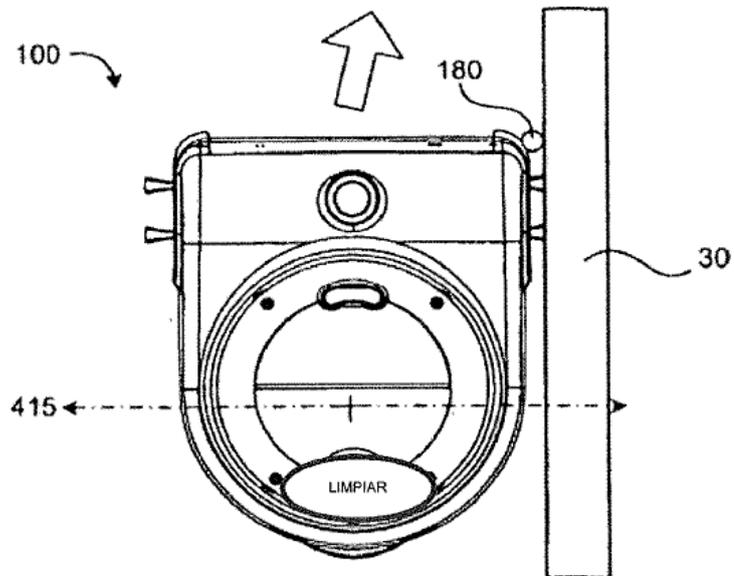


FIG. 12B

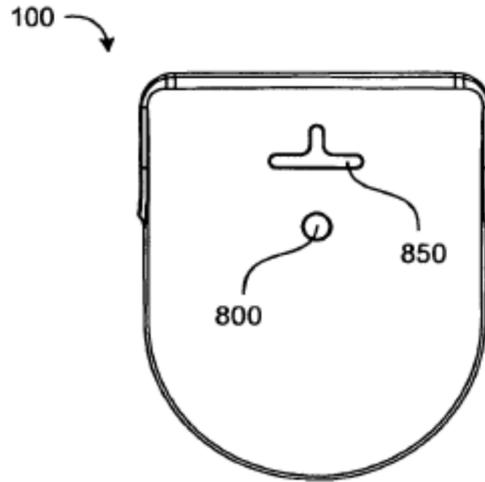


FIG. 13A

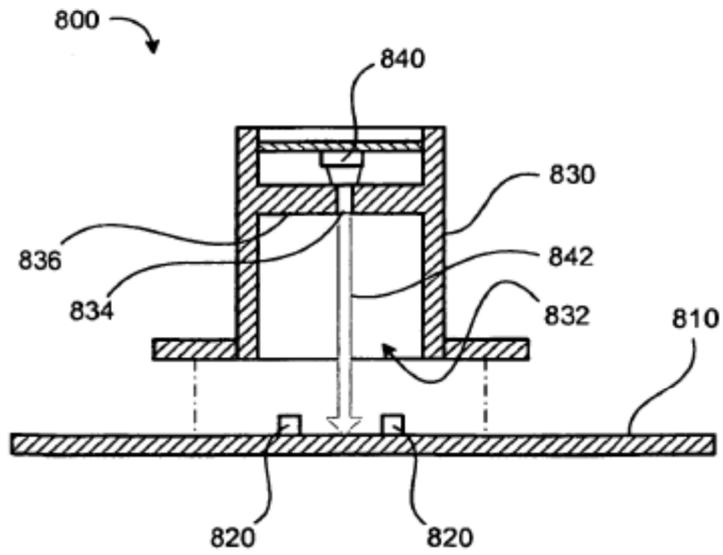


FIG. 13B

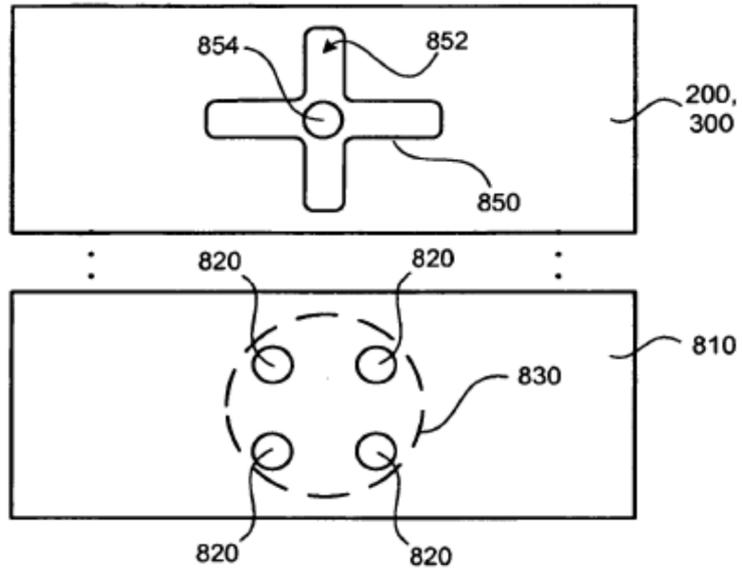


FIG. 13C

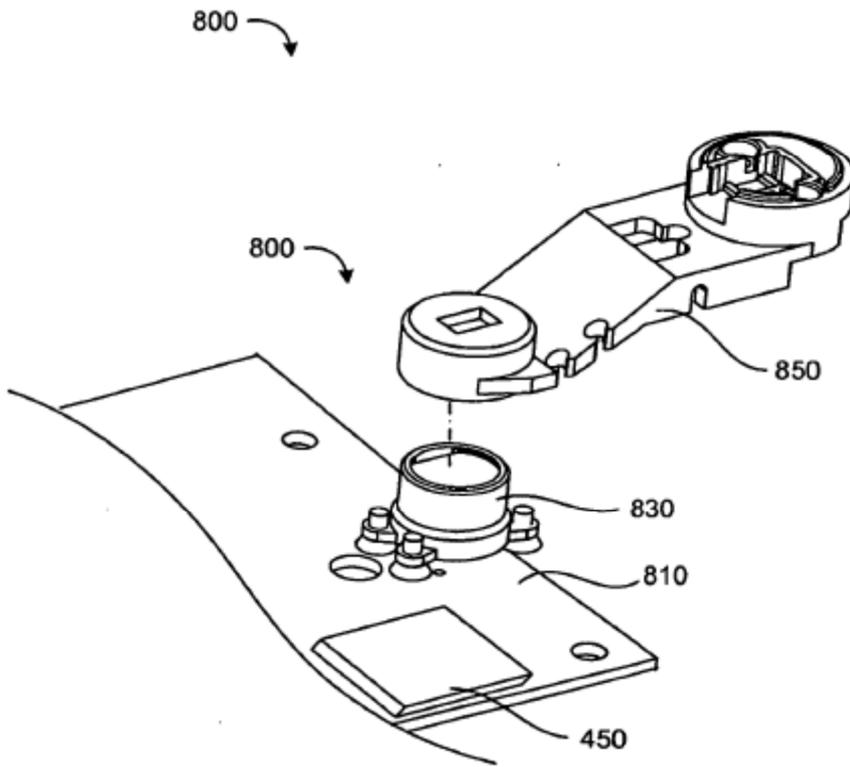


FIG. 13D

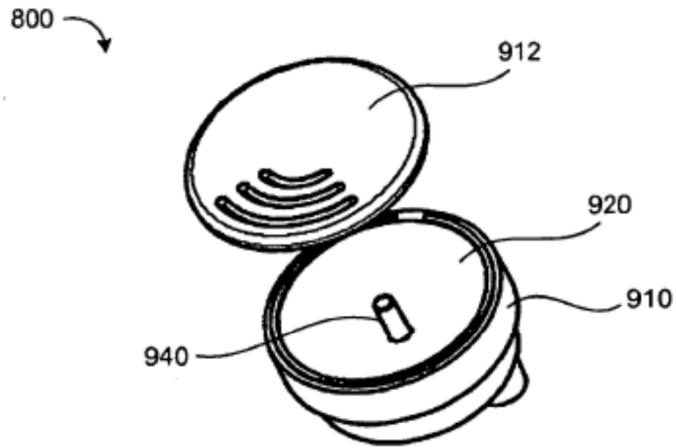


FIG. 14

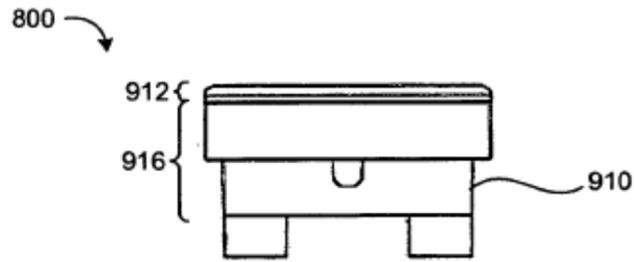


FIG. 15

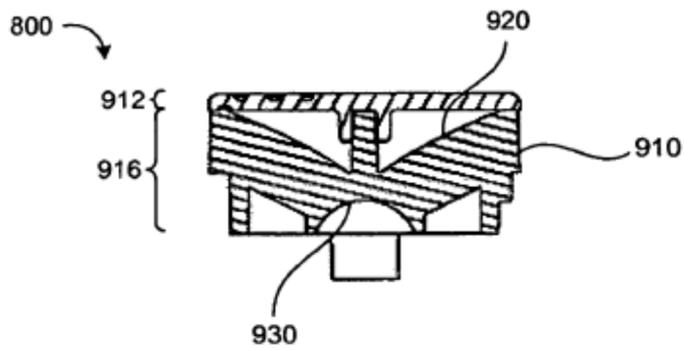


FIG. 16

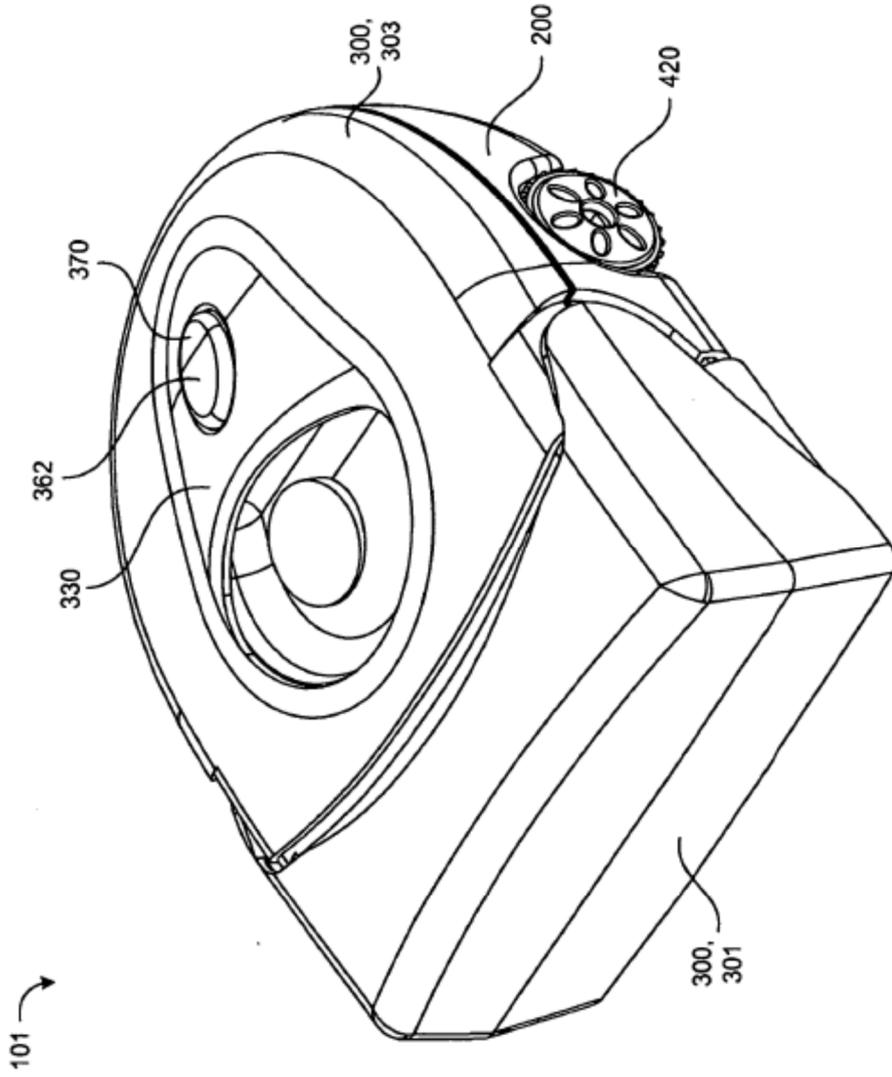


FIG. 17

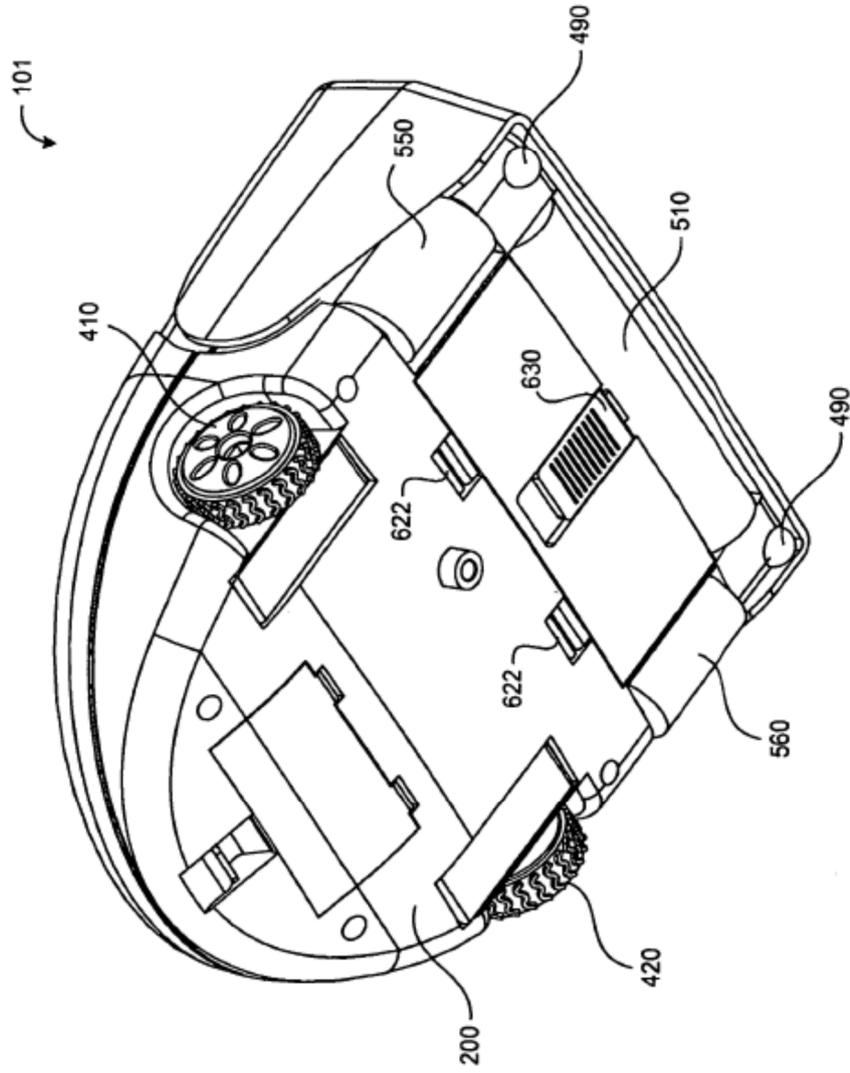


FIG. 18

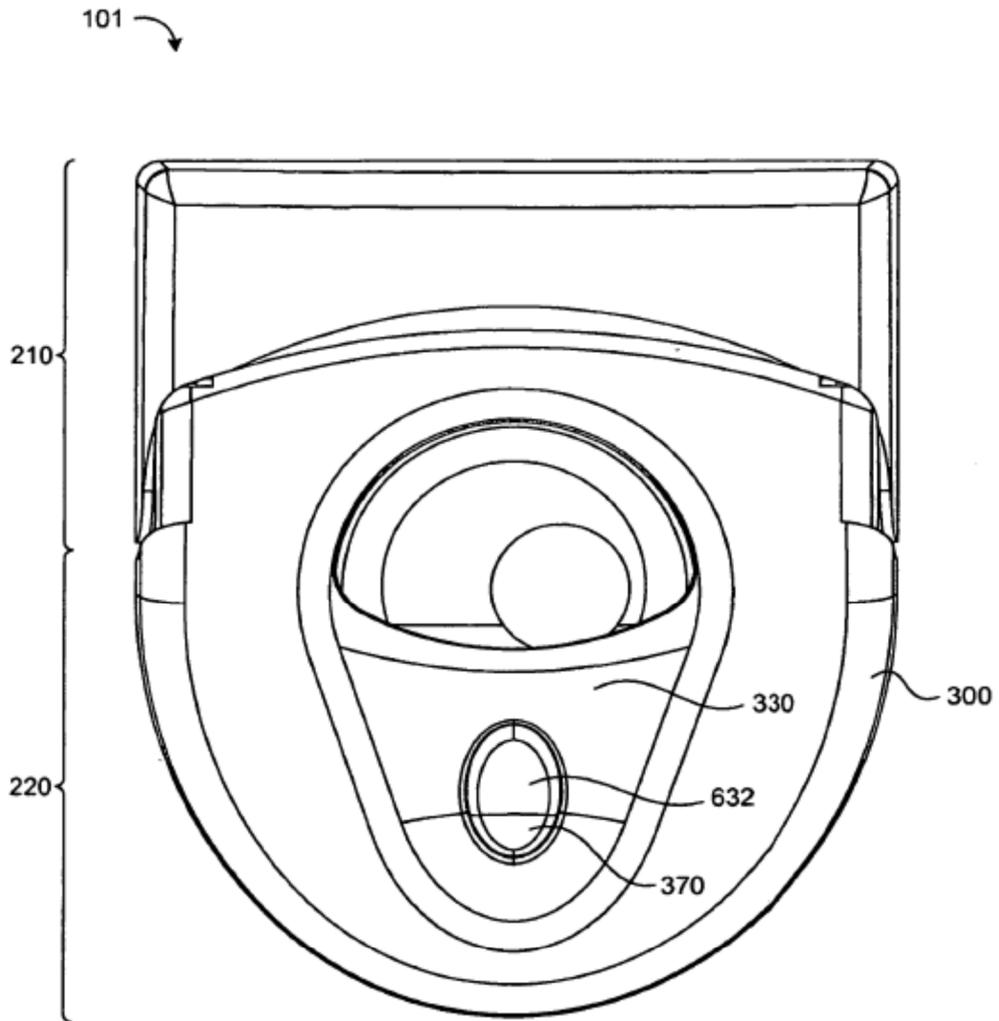


FIG. 19

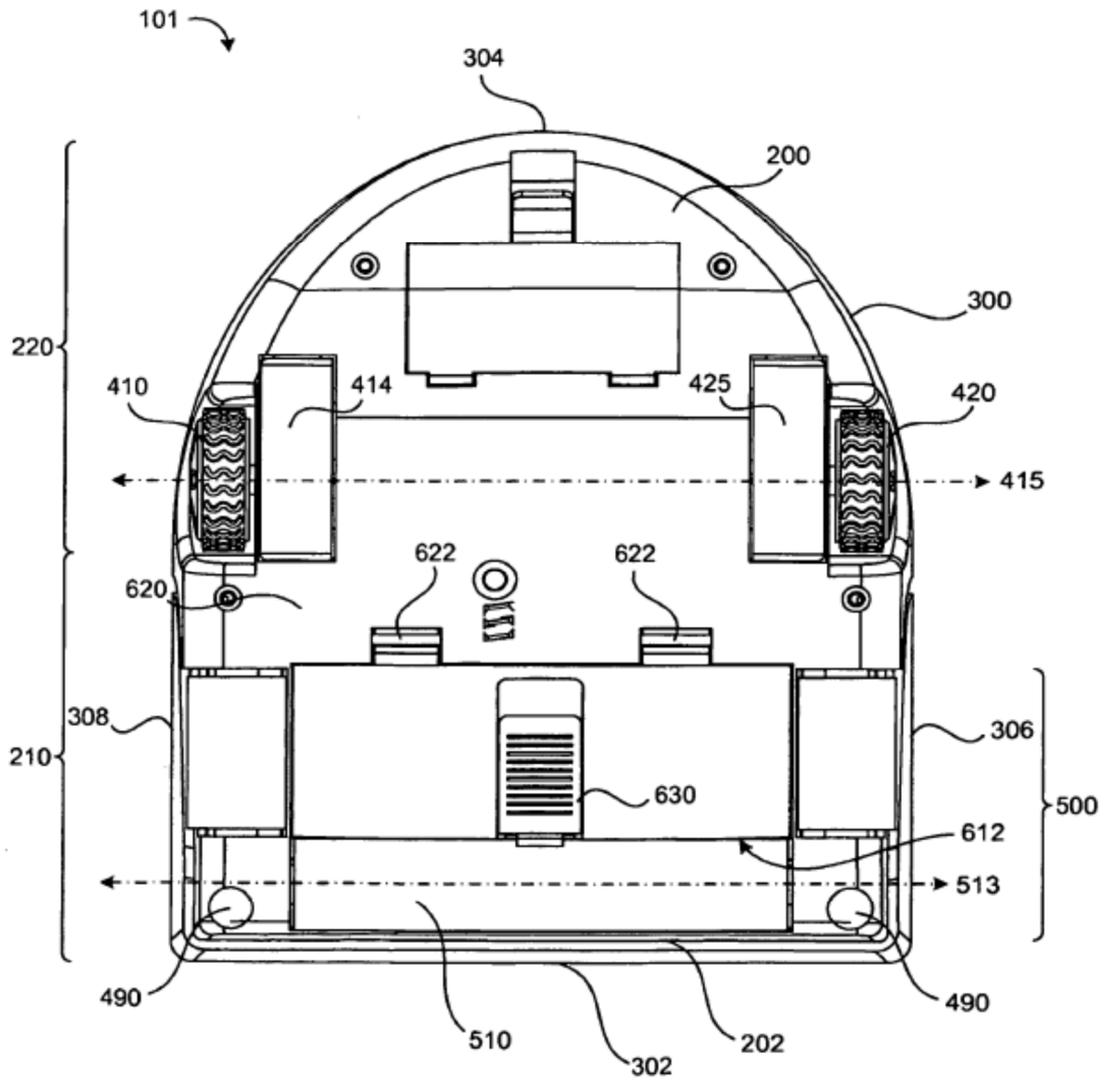


FIG. 20

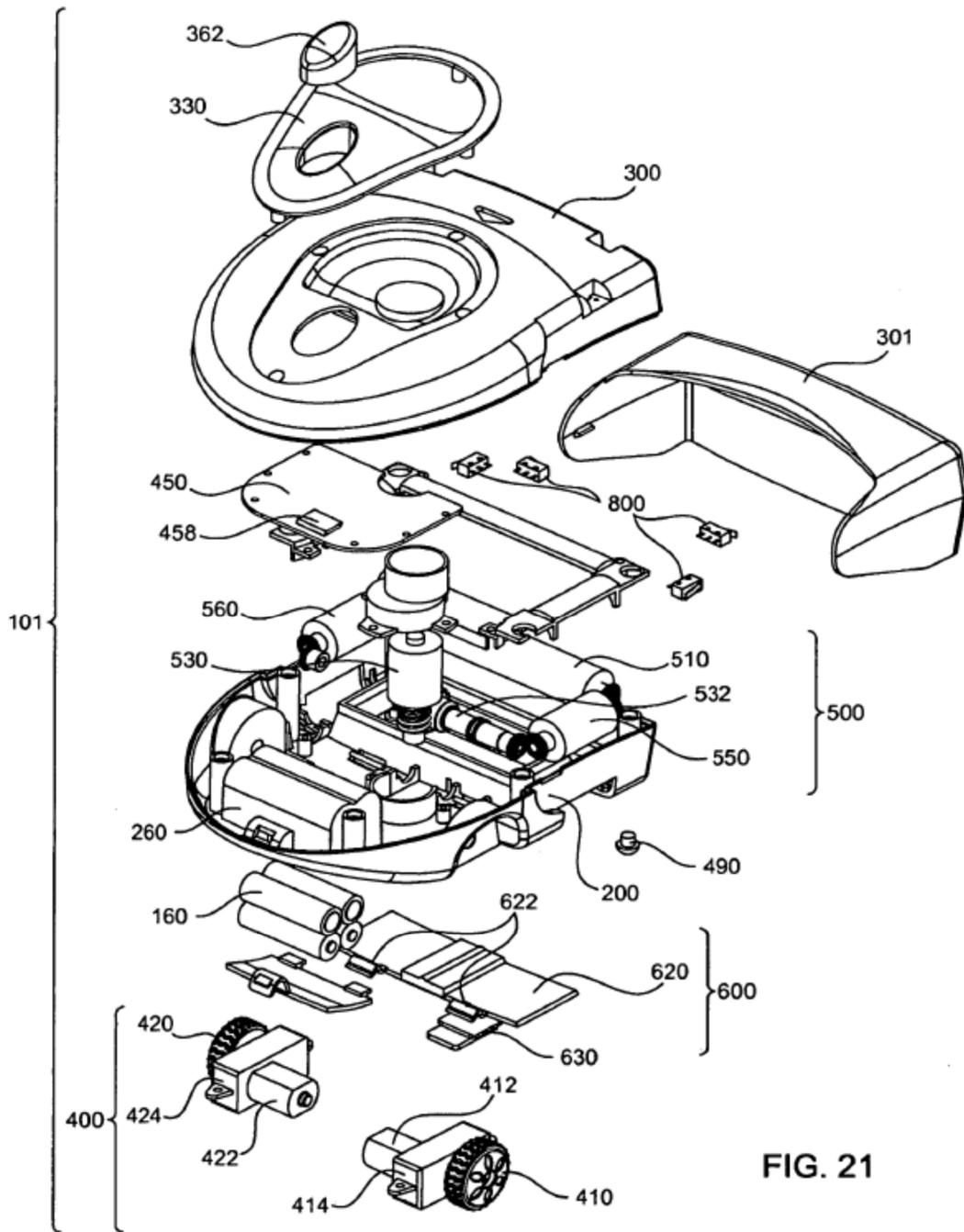


FIG. 21

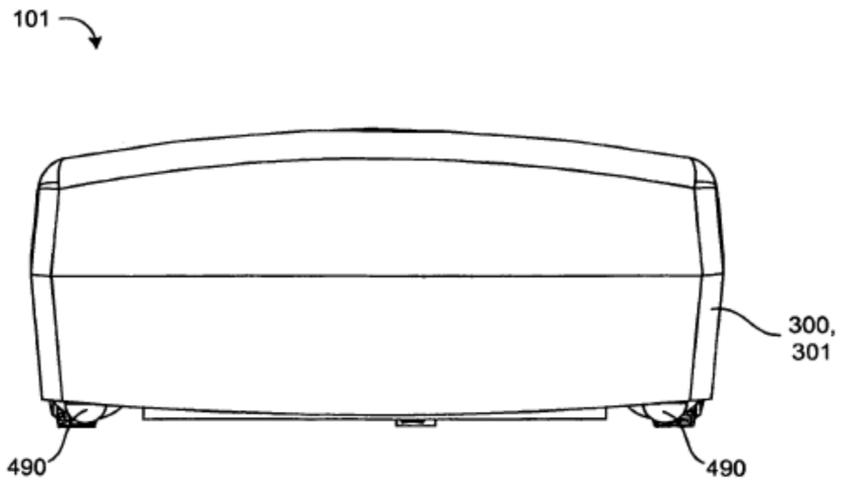


FIG. 22

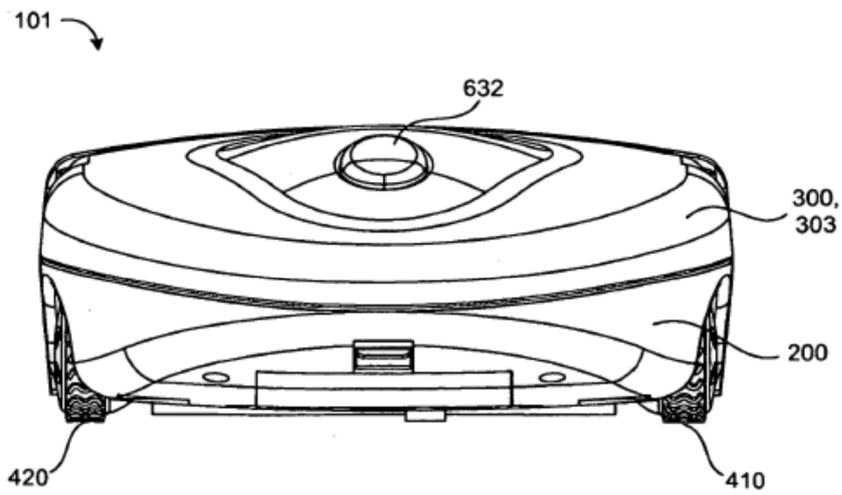
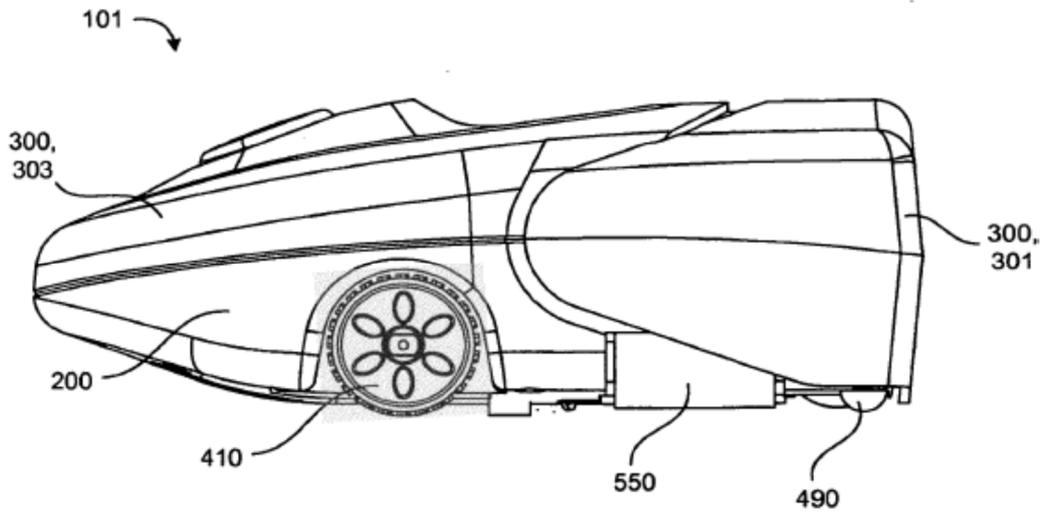
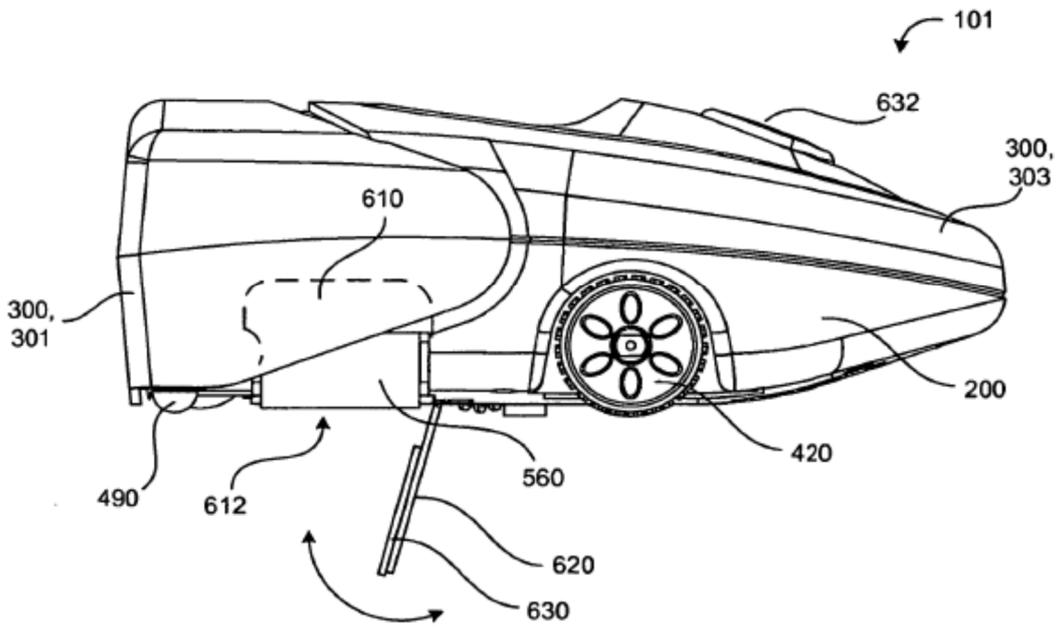


FIG. 23



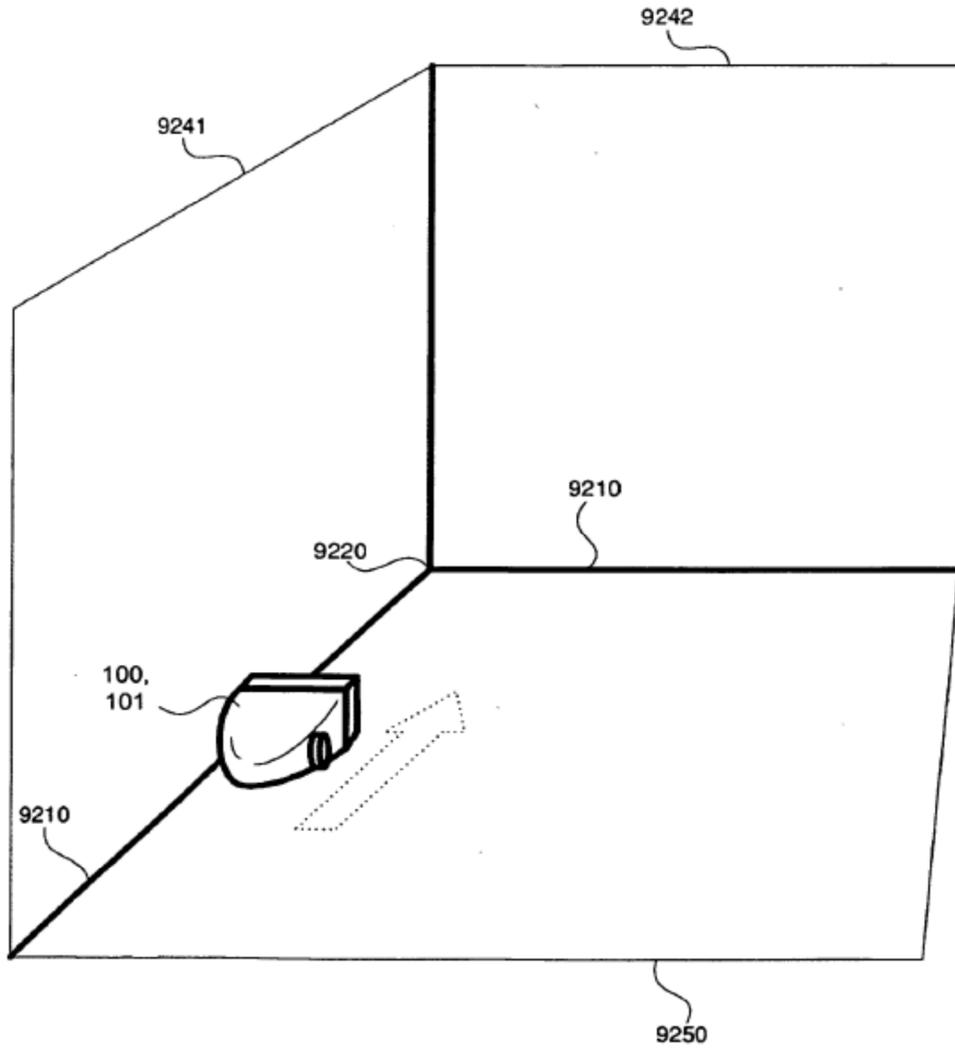


FIG. 26

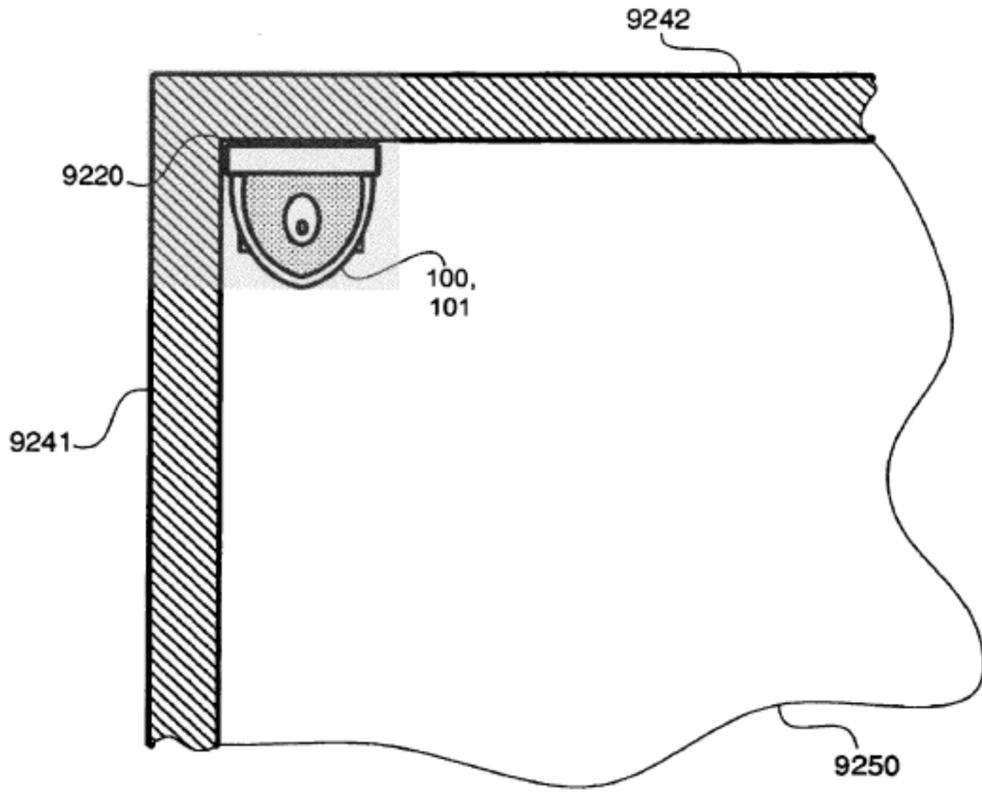


FIG. 27

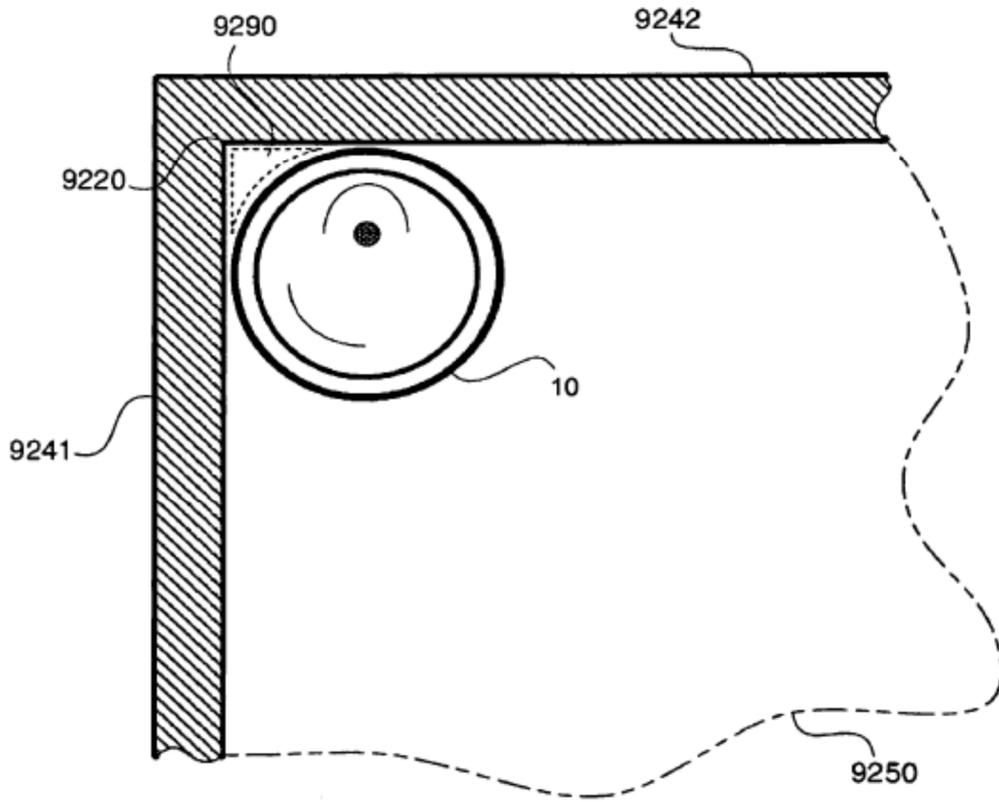


FIG. 28

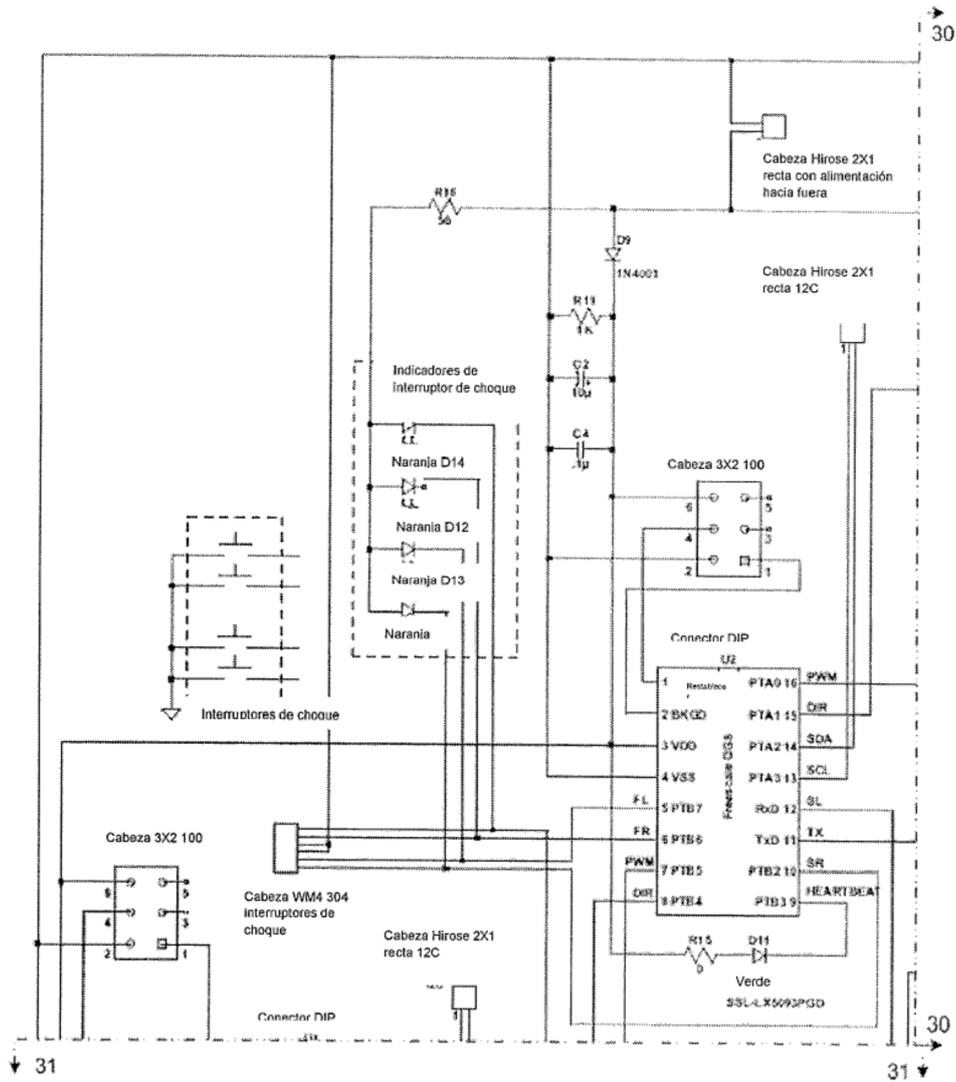


FIG. 29

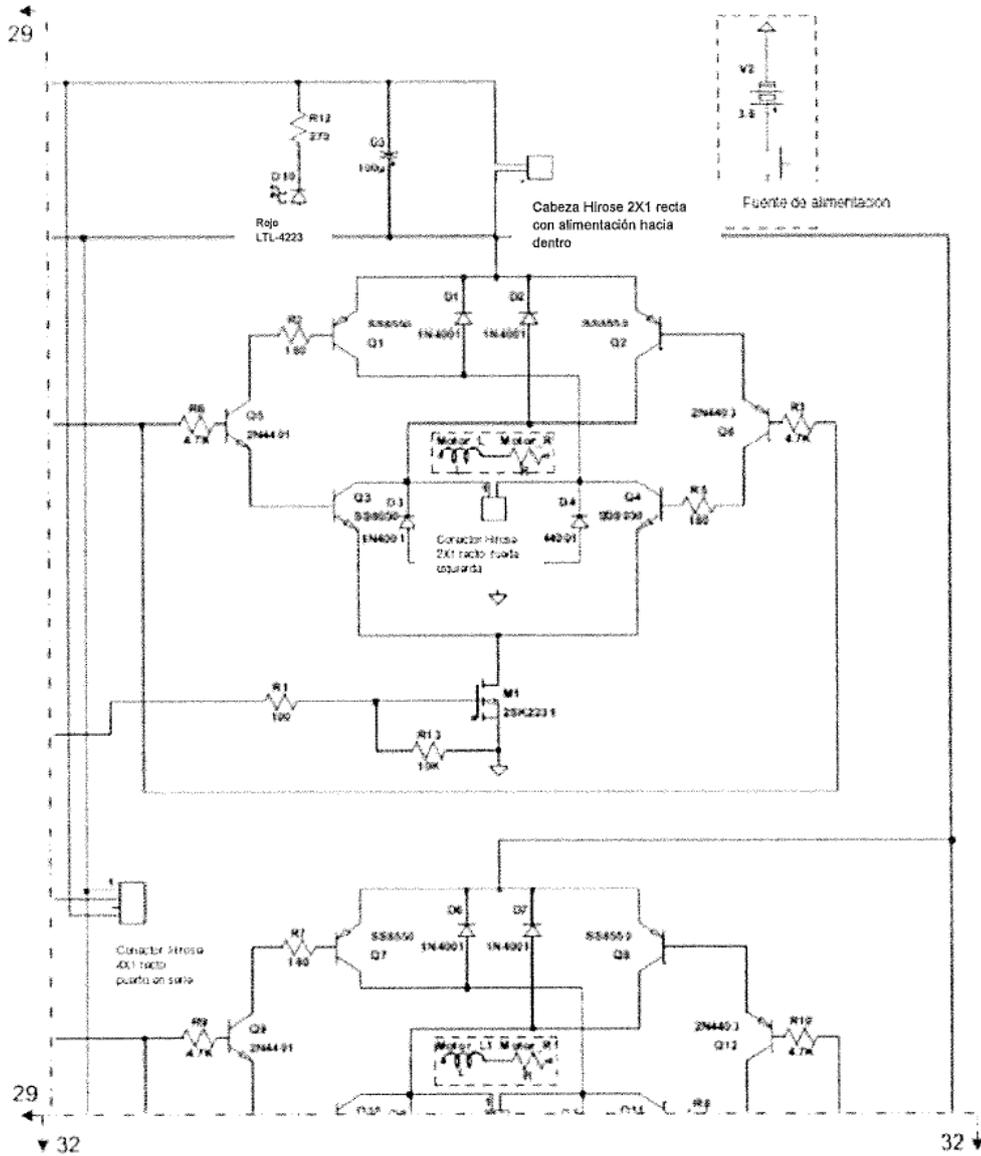


FIG. 30

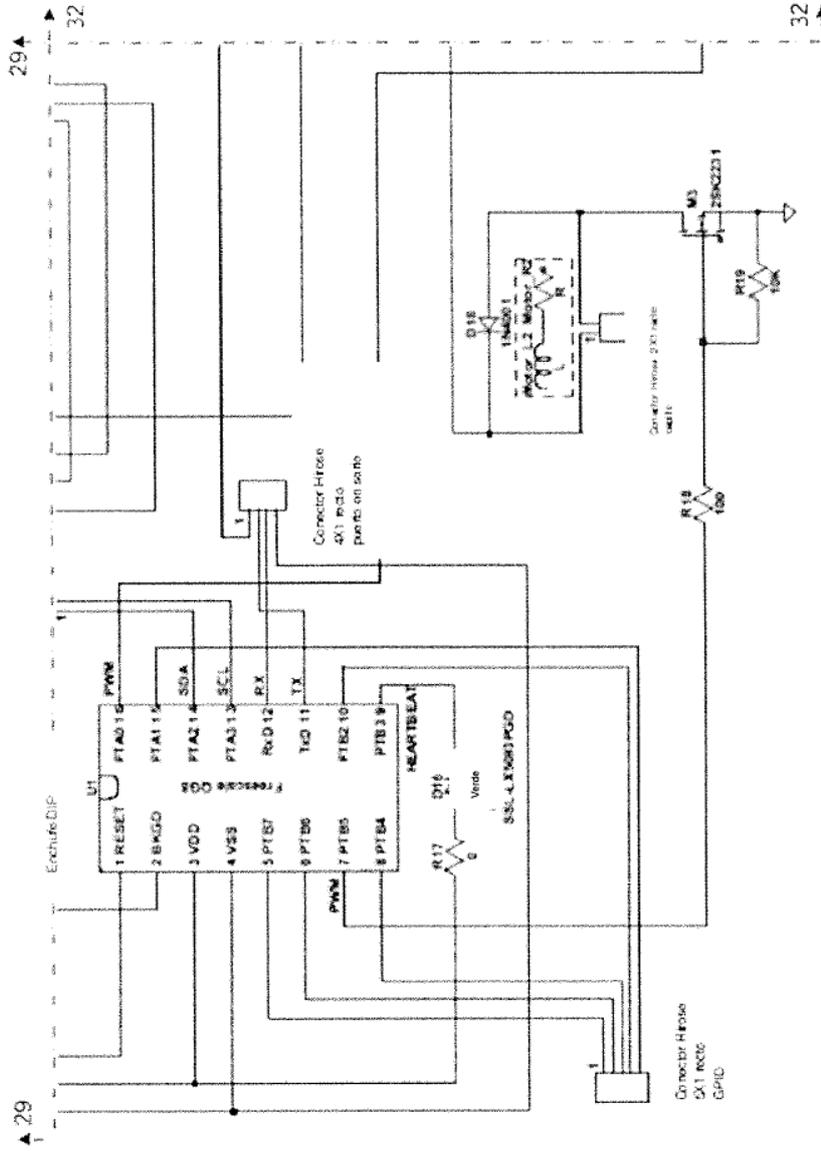
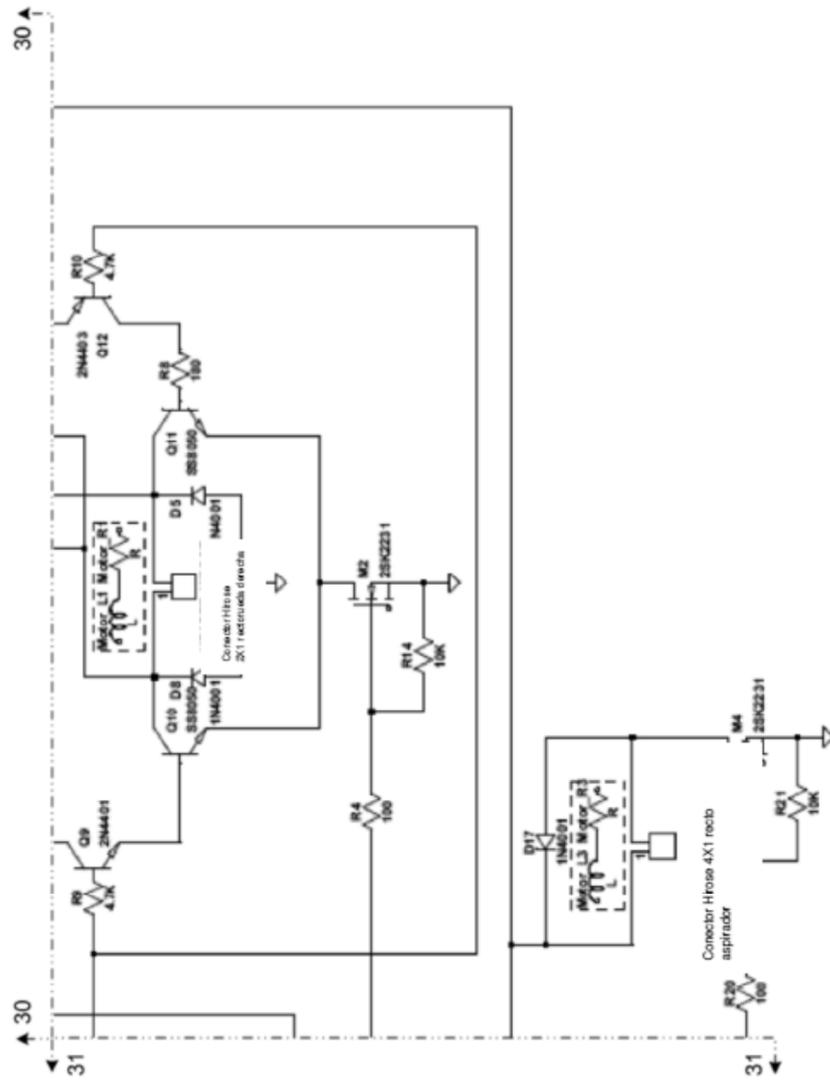


FIG. 31



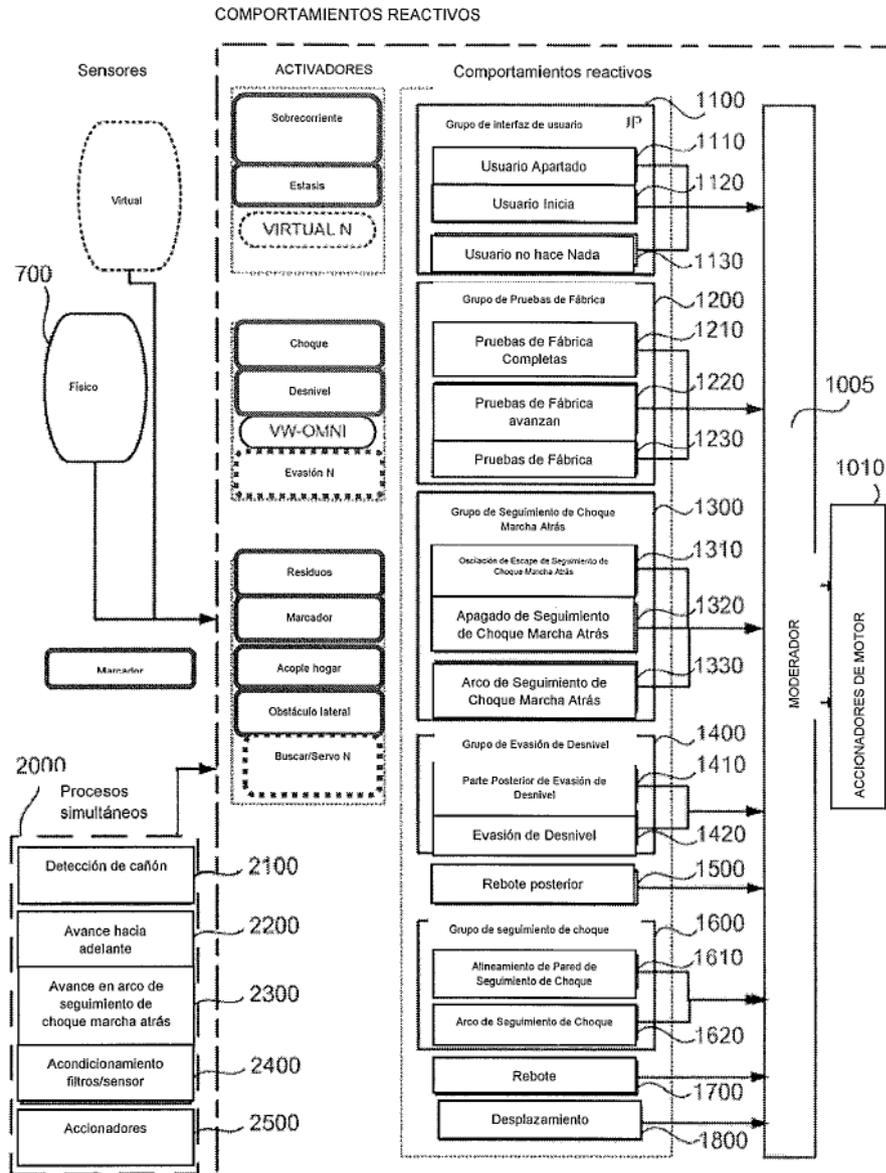


FIG. 33