

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 853 898**

21 Número de solicitud: 202030222

51 Int. Cl.:

B25J 9/10 (2006.01)

B25J 1/02 (2006.01)

B25J 1/08 (2006.01)

B25J 17/02 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN

B2

22 Fecha de presentación:

17.03.2020

43 Fecha de publicación de la solicitud:

17.09.2021

Fecha de concesión:

04.02.2022

45 Fecha de publicación de la concesión:

11.02.2022

73 Titular/es:

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ (100.0%)
Edificio INNOVA Avda. Universidad, s/n
03202 ELCHE (Alicante) ES

72 Inventor/es:

PEIDRÓ VIDAL, Adrián;
MARÍN LÓPEZ, José María;
BALLESTA GALDEANO, Mónica;
REINOSO GARCÍA, Oscar;
PAYÁ CASTELLÓ, Luis y
JIMÉNEZ GARCÍA, Luis Miguel

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

54 Título: **ROBOT MÓVIL DESPLAZABLE EN UN PLANO**

57 Resumen:

Robot móvil desplazable en un plano, que tiene dos cuerpos (2, 3) conectados entre sí mediante una articulación pasiva (4) de dos grados de libertad, y mediante dos actuadores lineales (5, 6), cada uno de ellos formado por una barra de longitud variable conectada a ambos cuerpos (2, 3) mediante articulaciones de rotación (5', 5'', 6', 6''), estando dispuestos los actuadores lineales (5, 6) cruzados entre sí. El robot móvil dispone además de un controlador (7) conectado a los actuadores lineales (5, 6) para el control y accionamiento de éstos, y los cuerpos (2, 3) tienen medios de adhesión temporal (8) al plano de desplazamiento del robot (1) conectados también al controlador (7).

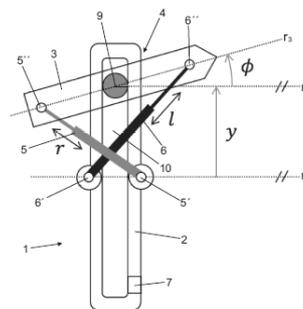


Fig.1

ES 2 853 898 B2

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 41 LP 24/2015.
Dentro de los seis meses siguientes a la publicación de la concesión en el Boletín Oficial de la Propiedad Industrial cualquier persona podrá oponerse a la concesión. La oposición deberá dirigirse a la OEPM en escrito motivado y previo pago de la tasa correspondiente (art. 43 LP 24/2015).

DESCRIPCIÓN

ROBOT MÓVIL DESPLAZABLE EN UN PLANO

5

Campo de la invención

La presente invención pertenece al campo técnico de la robótica, concretamente a los robots móviles y dispositivos con desplazamiento autónomo, y más concretamente a robots móviles desplazables mediante actuadores lineales de forma autónoma en un plano, ya sea horizontal, vertical o inclinado.

Antecedentes de la invención

15 En la actualidad existen numerosos tipos de robots móviles con desplazamiento autónomo, del tipo de los que se desplazan en planos horizontales, verticales u horizontales. Este tipo de robots se suelen utilizar para la realización de tareas automatizadas, tales como inspección, limpieza, mantenimiento o vigilancia de infraestructuras.

20

Estos robots cuentan con un chasis y medios de desplazamiento de diversos tipos, tales como ruedas, rodillos, actuadores lineales, etc. Se suelen orientar mediante sensores, y son controlados por medios inalámbricos. Dependiendo de las aplicaciones, o tareas a realizar por los robots, estos pueden llevar acoplados al chasis dispositivos adicionales, tales como brazos robóticos, herramientas, cepillos, etc...

25

Concretamente, los robots de marco deslizante con actuadores binarios, consisten básicamente en una estructura, bastidor o marco que se desplaza por un plano accionado por actuadores lineales accionados por un controlador, los cuales proporcionan un movimiento lineal entre las partes que unen. Un número adecuado de actuadores lineales dispuestos en posiciones determinadas proporcionan el desplazamiento del robot.

30

Un ejemplo de robot de marco deslizante con actuadores binarios es el robot "Planar Walker", de Chen y Yeo (2003), en la publicación "*Chen, I.M., & Yeo, S.H. (2003).*"

35

Locomotion of a two-dimensional walking-climbing robot using a closed-loop mechanism: From gait generation to navigation. The international Journal of Robotics Research, 22(1), 21-40”, el cual consta de un conjunto de actuadores lineales binarios conectados formando cadenas cinemáticas cerradas, de manera que algunos puntos
5 de dichas cadenas pueden anclarse al suelo por medio de ventosas, de modo tal que, al accionar los actuadores binarios, la postura del robot cambia y le permite avanzar por el entorno. El robot consta de cuatro actuadores lineales binarios, por lo que consigue cierta maniobrabilidad de forma muy compleja.

10 El documento “*Pavlov, V., Chavdarov, I., Vatskichev, A., & Nikolov, V. (s.f) Robots Walking by Combined Body-Leg Motion*”, muestra un robot similar en ciertos aspectos al anterior, en el que para la traslación del robot se utilizan dos actuadores lineales.

El documento “*La Rosa, G., Messina, M., Muscato, G., & Sinatra, R. (2002). A low-cost
15 lightweight climbing robot for the inspection of vertical surfaces. Mechatronics, 12(1), 71-96*”. El robot propuesto por La Rosa et al. (2002) es otro robot de marco deslizante, formado por dos cuerpos unidos a través de dos articulaciones, una prismática y otra de rotación para virar. Cada uno de los cuerpos puede fijarse al suelo de forma independiente al otro, de forma que este robot puede moverse por su entorno fijando
20 uno de los cuerpos y moviendo el otro con respecto al primero, intercambiando posteriormente los roles de cuerpo fijo y móvil. Este robot solo puede avanzar una distancia fija en cada movimiento realizado por cada uno de los cuerpos.

Otro robot parecido a los anteriores, es el mostrado en “*Gudi, S.S., Bhat, K. (2016).
25 Design and development of pneumatic suction based wall climbing robot for multiple applications. International Research Journal of Engineering and Technology*”. Este robot es mucho más simple que los anteriores, ya que únicamente puede avanzar en línea recta, y sin poder cambiar de dirección, a diferencia de los anteriores, los cuales, aunque sea de forma compleja, pueden cambiar de dirección de desplazamiento.

30 Es por tanto deseable un robot desplazable en un plano, que pueda alcanzar una elevada maniobrabilidad de una forma sencilla, evitando los inconvenientes existentes en los anteriores sistemas del estado de la técnica.

35

Descripción de la invención

La presente invención resuelve los problemas existentes en el estado de la técnica mediante un robot móvil desplazable en un plano, formado por un primer cuerpo y un
5 segundo cuerpo, ambos conectados entre sí mediante una articulación pasiva de dos grados de libertad, y por un primer actuador lineal y un segundo actuador lineal.

Preferentemente, la articulación pasiva de dos grados de libertad que conecta el primer cuerpo con el segundo cuerpo es del tipo pasador-en-ranura. Así, la posición
10 del segundo cuerpo a lo largo de la ranura del primer cuerpo queda parametrizada por la variable y , mientras que la orientación del segundo cuerpo queda parametrizada por el ángulo θ . Por tanto, mediante un parámetro lineal y un parámetro angular queda definida la posición y orientación relativas entre el primer cuerpo y el segundo cuerpo.

En cuanto a los actuadores lineales, cada uno de ellos tiene una barra de longitud variable conectada a ambos cuerpos mediante articulaciones de rotación, de la siguiente forma: el primer actuador lineal se conecta al primer cuerpo mediante una primera articulación de rotación y al segundo cuerpo mediante una segunda articulación de rotación. El segundo actuador lineal se conecta al primer cuerpo
20 mediante una tercera articulación de rotación y al segundo cuerpo mediante una cuarta articulación de rotación. Las articulaciones de rotación están dispuestas en los cuerpos de tal forma que los actuadores lineales quedan dispuestos cruzados entre sí.

Esta disposición con los actuadores lineales cruzados entre sí permite al robot adoptar
25 ocho posibles configuraciones o estados con sólo dos actuadores binarios, es decir el doble de los que podría adoptar con los actuadores dispuestos sin cruzarse.

Las barras de longitud variable pueden materializarse de diferentes formas conocidas,
30 tales como cilindros accionados hidráulicamente o electrónicamente.

De acuerdo con una realización particular de la invención, los actuadores lineales son binarios, es decir, cada uno de ellos presenta sólo dos posiciones extremas, una de

ellas con la barra completamente extendida (que equivaldría a la posición “1”), y la otra con la barra completamente retraída (que equivaldría a la posición “0”).

5 Según una realización particular alternativa, los actuadores lineales son continuos, es decir, además de las posiciones extremas, presentan un movimiento continuo con diferentes posiciones de la barra entre estas posiciones extremas.

10 El robot presenta adicionalmente un controlador conectado a los actuadores lineales, que controla el movimiento de éstos para proporcionar el movimiento deseado al robot.

Los cuerpos tienen medios de adhesión temporal al plano de desplazamiento del robot conectados al controlador. Estos medios fijan temporalmente uno de los cuerpos al plano de desplazamiento mientras el otro se mueve accionado por los actuadores. Posteriormente el cuerpo que estaba fijo se libera para que pueda ser accionado por los actuadores, mientras se fija el otro al plano. De esta forma se consigue el movimiento del robot a lo largo de multitud de posiciones del plano, con sólo dos actuadores lineales. De acuerdo con diferentes realizaciones particulares de la invención, estos medios de adhesión temporal pueden estar realizados mediante imanes, o ventosas, accionados por el controlador.

20 Por tanto, la invención consiste en un robot móvil que, utilizando únicamente dos actuadores lineales es capaz de desplazarse por un plano con gran libertad de movimiento y capacidad de maniobra.

25 Según lo anterior, el principio de locomoción de este robot móvil es similar al de una oruga. Para avanzar por un plano, el robot realiza repetidamente el siguiente ciclo: Primero fija el primer cuerpo al plano y, a continuación, se extienden o retraen el primer y segundo actuador lineal para mover el segundo cuerpo en el plano, alcanzando éste una nueva posición y orientación, que dependerá de cómo se extiendan o retraigan los actuadores. Una vez el segundo cuerpo ha alcanzado la nueva posición y orientación, se fija éste al plano y se libera el primer cuerpo del plano. Variando nuevamente la longitud de los actuadores, se logra ahora que el primer cuerpo alcance una nueva posición y orientación, completando así un ciclo de movimiento. Repitiendo este ciclo, se logra el avance del robot a lo largo del plano.

35

Por tanto, la ventaja principal de la presente obtención es conseguir un robot que puede alcanzar un gran número de posiciones diferentes, y por tanto una elevada maniobrabilidad a lo largo de un plano, mediante una configuración sencilla utilizando únicamente dos actuadores lineales, los cuales podrían ser binarios, proporcionando una movilidad algo mas reducida, o continuos, proporcionando una maniobrabilidad mucho mayor.

Breve descripción de los dibujos

10 A continuación, para facilitar la comprensión de la invención, a modo ilustrativo pero no limitativo se describirá una realización de la invención que hace referencia a una serie de figuras.

La figura 1 es una vista esquemática de una realización de un robot objeto de la presente invención que muestra sus elementos esenciales.

Las figuras 2a-2d muestran de forma esquemática una secuencia de movimientos de los cuerpos del robot de la figura 1 mediante los actuadores lineales, que proporcionan el movimiento al robot.

20 La figura 3 muestra en un gráfico de coordenadas el espacio de actuación del robot de las figuras 1 y 2a-2d, en función de los valores de los actuadores lineales binarios.

La figura 4 muestra en un gráfico de coordenadas, el espacio de configuración del robot de las figuras 1, 2a-2d y 3, en función de los valores de la posición de uno de los cuerpos a lo largo de la ranura del otro (y), y la orientación de dicho cuerpo (\emptyset).

La figura 5 muestra de forma esquemática el espacio de trabajo del robot de las figuras 1, 2a-2d, 3 y 4, que representa los puntos discretos a los que puede tener acceso el robot con actuadores binarios, partiendo de una posición inicial, tras tres ciclos de movimiento, considerando cada ciclo de movimiento la secuencia de movimientos que parte del primer cuerpo fijado y segundo cuerpo libre, se mueve el segundo cuerpo, se fija el segundo cuerpo y se libera el primer cuerpo, se mueve el primer cuerpo, se fija el primer cuerpo y se libera el segundo cuerpo.

35

La figura 6 muestra una vista en perspectiva en detalle de una realización de un robot objeto de la presente invención.

En estas figuras se hace referencia a un conjunto de elementos que son:

- 5 1. robot
- 2. primer cuerpo
- 3. segundo cuerpo
- 4. articulación pasiva conectora del primer cuerpo y el segundo cuerpo
- 5. primer actuador lineal
- 10 5'. primera articulación de rotación conectora del primer actuador al primer cuerpo
- 5''. segunda articulación de rotación conectora del primer actuador al segundo cuerpo
- 6. segundo actuador lineal
- 6'. tercera articulación de rotación conectora del segundo actuador al primer
- 15 cuerpo
- 6''. cuarta articulación de rotación conectora del segundo actuador al segundo cuerpo
- 7. controlador
- 8. medios de adhesión temporal de los cuerpos al plano de desplazamiento
- 20 9. pasador de la articulación pasiva
- 10. ranura de la articulación pasiva
- r₁. recta que pasa por las articulaciones de rotación dispuestas en el primer cuerpo
- r₂. recta paralela a la recta r₁ que pasa por el pasador del segundo cuerpo
- 25 r₃. recta que pasa por las articulaciones de rotación dispuestas en el segundo cuerpo
- y. distancia entre las rectas paralelas r₁ y r₂, que define la posición del segundo cuerpo a lo largo de la ranura del primer cuerpo
- ∅. ángulo formado entre las rectas r₂ y r₃ que define el ángulo que forman el
- 30 primer cuerpo y el segundo cuerpo
- U. estado U del robot dependiente de la posición y orientación relativa del primer cuerpo y segundo cuerpo
- V. estado V del robot dependiente de la posición y orientación relativa del primer cuerpo y segundo cuerpo

35

Descripción detallada de la invención

El objeto de la presente invención es un robot móvil desplazable en un plano.

5 Tal y como se puede observar en las figuras, el robot 1 móvil tiene un primer cuerpo 2 y un segundo cuerpo 3, los cuales están conectados entre sí mediante una articulación pasiva 4 de dos grados de libertad, y por un primer actuador lineal 5 y un segundo actuador lineal 6.

10 En cuanto a la articulación pasiva 4 de dos grados de libertad, tal y como se puede apreciar en las figuras 1 y 2a-2d, preferentemente es del tipo pasador-en-ranura. En este caso, el primer cuerpo 2 tiene una ranura 10 a lo largo de la cual se puede desplazar un pasador 9 dispuesto en el segundo cuerpo 3. Esta articulación permite el desplazamiento lineal relativo del primer cuerpo 2 con respecto al segundo cuerpo 3 o
15 viceversa, además del giro del primer cuerpo 2 con respecto al segundo cuerpo 3, o viceversa. Así, la posición del segundo cuerpo 3 a lo largo de la ranura 10 del primer cuerpo 2 queda parametrizada por la variable y , mientras que la orientación del segundo cuerpo 3 con respecto al primer cuerpo 2 queda parametrizada por el ángulo \emptyset .

20 Cada uno de los actuadores lineales 5,6 tiene una barra de longitud variable conectada a ambos cuerpos 2,3. El primer actuador lineal 5 se conecta al primer cuerpo 2 mediante una primera articulación de rotación 5' y al segundo cuerpo 3 mediante una segunda articulación de rotación 5''. El segundo actuador lineal 6 se
25 conecta al primer cuerpo 2 mediante una tercera articulación de rotación 6' y al segundo cuerpo 3 mediante una cuarta articulación de rotación 6''. Las articulaciones de rotación 5',5'',6',6'' están dispuestas en los cuerpos 2,3 de tal forma que los actuadores lineales 5,6 quedan dispuestos cruzados entre sí, como se aprecia de forma clara en la figura 1, lo que es esencial para la invención.

30 Así, esta disposición con los actuadores lineales 5,6 cruzados entre sí permite al robot 1 adoptar ocho posibles configuraciones o estados con sólo dos actuadores binarios, es decir el doble de los que podría adoptar con los actuadores dispuestos sin cruzarse. En cuanto a la parametrización de la posición del segundo cuerpo 3 con respecto al
35 primer cuerpo 2, mediante los parámetros y , \emptyset , tal y como se puede observar en la

figura 1, el primer cuerpo 2 tiene una primera articulación de rotación 5' y una tercera articulación de rotación 6' (también llamadas de tipo bisagra), y el segundo cuerpo 3 tiene una segunda articulación de rotación 5'' y una cuarta articulación de rotación 6''. Las articulaciones 5' y 5'' van conectadas por tanto por medio del primer actuador lineal 5, es decir, por medio del primer actuador lineal 5 se puede controlar la distancia entre las articulaciones 5' y 5''. Igualmente, las articulaciones 6' y 6'' van conectadas por medio del segundo actuador lineal 6, es decir, por medio del segundo actuador lineal 6 se puede controlar la distancia entre las articulaciones 6' y 6''. Además, como se aprecia en la figura 1, el segundo cuerpo 3 va articulado al primer cuerpo 2 mediante una articulación pasiva 4 de dos grados de libertad, que preferentemente es del tipo pasador-en-ranura. En este caso, la articulación pasiva 4 está formada por una ranura 10 dispuesta en el primer cuerpo 2 y por un pasador 9 dispuesto en el segundo cuerpo 3, alineado con las articulaciones de rotación 5'',6'' dispuestas en el segundo cuerpo, y que se puede desplazar a lo largo de la ranura 10.

Según se observa en la figura 1, la recta r_1 pasa por la primera articulación de rotación 5' y por la tercera articulación de rotación 6', es decir pasa por las articulaciones de rotación dispuestas en el primer cuerpo 2. Además, la recta r_2 es una paralela a la recta r_1 que pasa por el pasador 9 del segundo cuerpo 3. Asimismo, la recta r_3 pasa por la segunda articulación de rotación 5'' y por la cuarta articulación de rotación 6'', es decir, pasa por las articulaciones dispuestas en el segundo cuerpo 3, y por el pasador 9 alineado con éstas.

Por tanto, tal y como se observa en la figura 1, el parámetro y es la distancia entre las rectas paralelas r_1 y r_2 , mientras que el parámetro \emptyset es el ángulo formado entre las rectas r_2 y r_3

De acuerdo con una realización particular de la invención, los actuadores lineales 5,6 pueden ser binarios, es decir, cada uno de ellos presenta sólo dos posiciones extremas, una de ellas con la barra completamente extendida (que equivaldría a la posición "1"), y la otra con la barra completamente retraída (que equivaldría a la posición "0").

Según una realización particular alternativa, los actuadores lineales 5,6 podrían ser continuos, es decir, además de las posiciones extremas de las barras, presentan un

movimiento continuo con diferentes posiciones de la barra entre estas posiciones extremas.

5 El robot 1 presenta adicionalmente un controlador 7 conectado a los actuadores lineales 5,6, el cual controla el movimiento de éstos para proporcionar el movimiento deseado al robot 1.

10 Tanto el primer cuerpo 2 como el segundo cuerpo 3 tienen medios de adhesión temporal 8 al plano de desplazamiento del robot 1, que están conectados al controlador 7. Estos medios de adhesión temporal 8 fijan temporalmente uno de los cuerpos 2,3 al plano de desplazamiento mientras el otro cuerpo 3,2 se mueve accionado por los actuadores lineales 5,6. Posteriormente el cuerpo 2,3 que estaba fijo es liberado para que pueda ser accionado por los actuadores lineales 5,6, mientras fijan el otro 3,2 al plano. De esta forma se consigue el movimiento del robot 1 a lo largo
15 de multitud de posiciones del plano, con sólo dos actuadores lineales 5,6. De acuerdo con diferentes realizaciones particulares de la invención, estos medios de adhesión temporal 8 pueden estar realizados mediante imanes, o ventosas, accionados por el controlador 7.

20 A continuación, se describe un ejemplo de desplazamiento de un robot 1 objeto de la presente invención, en la que para simplificar, los dos actuadores lineales 5,6 son binarios, es decir, sólo presentan dos posiciones, una de ellas en la que el pistón del cilindro está totalmente retraído (posición "0" del actuador) y la otra en la que el pistón del cilindro está totalmente extendido (posición "1" del actuador).

25 De acuerdo con lo anterior, el robot 1 se desplaza a lo largo de multitud de posiciones en el plano mediante una sucesión de ciclos de movimiento, donde cada ciclo de movimiento tiene una secuencia de movimientos que parte del primer cuerpo 2 fijado y el segundo 3 cuerpo libre, se mueve el segundo cuerpo 3, se fija dicho segundo
30 cuerpo 3, se libera el primer cuerpo 2, se mueve el primer cuerpo 2, se fija el primer cuerpo 2 y se libera el segundo cuerpo 3, y se vuelve a empezar con un nuevo ciclo de movimiento.

35 Por tanto, para avanzar por un plano, el robot 1 mostrado en la figura 1 realiza repetidamente el siguiente ciclo: tal y como se observa en la figura 2a, primero se fija

el primer cuerpo 2 al plano y, a continuación, extienden o retraen el primer y segundo actuador lineal 5,6 para mover el segundo cuerpo 3 en el plano, alcanzando éste una nueva posición y orientación, tal y como se observa en la figura 2b, que dependerá de cómo se extiendan o retraigan los actuadores 5,6. Una vez el segundo cuerpo 3 ha alcanzado la nueva posición y orientación, se fija éste al plano y se libera el primer cuerpo 2 del plano, según se ve en la figura 2c. Variando nuevamente la longitud de los actuadores 5,6, se logra ahora que el primer cuerpo 2 alcance una nueva posición y orientación, como se observa en la figura 2d, completando así un ciclo de movimiento. Repitiendo este ciclo, se logra el avance del robot 1 a lo largo del plano.

10

Podría pensarse que, por disponer solo de dos actuadores lineales binarios 5,6, el robot 1 propuesto de la figura 1 únicamente podría alcanzar cuatro estados distintos, correspondientes a las cuatro posibles combinaciones que pueden tener sus dos actuadores binarios 5,6, según éstos estén retraídos (posición “0” del actuador) o extendidos (posición “1” del actuador). Estos cuatro estados serían: “00”, “01”, “10” y “11”.

15

La figura 3 muestra el espacio de actuación del mecanismo, donde cada uno de los ejes representa la longitud de uno de los actuadores binarios 5,6. En dicha representación se muestran las cuatro combinaciones binarias antes mencionadas.

20

Sin embargo, en el robot 1 propuesto, cada una de las combinaciones posibles de sus actuadores binarios 5,6 se corresponde con dos posibles estados U,V del robot 1, dependiendo de la posición relativa que mantienen entre sí los cuerpos 2,3. Es decir, para cada una de las cuatro combinaciones anteriores, existen dos posibles alternativas o estados U,V. Por tanto, finalmente quedarían ocho posiciones dependiendo de la posición y orientación relativa de los cuerpos 2,3 (definida por los parámetros y , \emptyset), alcanzada en función de la secuencia de actuación de los actuadores binarios 5,6. Es decir, dependiendo del orden en el que se retraigan y/o extiendan los actuadores 5,6, el robot 1 acabará llegando a una configuración u otra.

30

La figura 4 muestra el espacio de configuración de este mecanismo, donde uno de los ejes representa el parámetro \emptyset y el otro eje representa el parámetro y . En dicha representación se muestran los ocho estados posibles del robot 1 (dos estados U,V por cada combinación de las longitudes binarias de los actuadores binarios 5,6 de la

35

figura 3). Como se ha indicado anteriormente, cada estado U ó V para cada combinación de las longitudes binarias de los actuadores binarios 5,6 depende de la posición y orientación relativa de los cuerpos 2,3 (definida por los parámetros y , \emptyset), alcanzada en función de la secuencia de actuación de los actuadores binarios 5,6. Es
 5 decir, dependiendo del orden en el que se retraigan y/o extiendan los actuadores 5,6, el robot 1 acabará llegando a una configuración u otra.

Estas posiciones son:

- 10 "00U" (primer actuador retraído, segundo actuador retraído, estado U)
- "00V" (primer actuador retraído, segundo actuador retraído, estado V)
- "01U" (primer actuador retraído, segundo actuador extendido, estado U)
- "01V" (primer actuador retraído, segundo actuador extendido, estado V)
- "10U" (primer actuador extendido, segundo actuador retraído, estado U)
- 15 "10V" (primer actuador extendido, segundo actuador retraído, estado V)
- "11U" (primer actuador extendido, segundo actuador extendido, estado U)
- "11V" (primer actuador extendido, segundo actuador extendido, estado V)

Por tanto, dado que cada combinación binaria de los actuadores binarios 5,6 genera
 20 dos posibles estados U,V para el robot 1, el estado o configuración que éste adopte no será función únicamente de sus actuadores binarios 5,6 (es decir, de si están extendidos o retraídos), sino que también dependerá de la posición relativa entre el primer cuerpo 2 y el segundo cuerpo 3, lo cual a su vez depende de cuál sea la secuencia de actuación de los actuadores 5,6 que se siga. Es decir, dependiendo del
 25 orden en el que se retraigan y/o extiendan los actuadores 5,6, el robot 1 acabará llegando a una configuración u otra.

Por ejemplo, considerando la figura 4, suponiendo que el robot 1 parte del estado 11U, donde ambos actuadores 5,6 están extendidos, se desea pasar a una posición 10
 30 (primer actuador 5 extendido, segundo actuador 6 retraído). Dependiendo de cuál sea la secuencia de actuación, el estado final del robot 1 será uno u otro de los siguientes:

- Si se sigue la secuencia de actuación del 11 al 10 directamente (camino C en la figura 3), retrayendo únicamente el segundo actuador 6 directamente, entonces el
 35 robot 1 terminará en el estado 10U mostrado en la figura 4.

• Siguiendo la secuencia de actuación del 11 al 01, después al 00, y después al 10 (camino D en la figura 3), es decir retrayendo primero el primer actuador 5, después el segundo actuador 6, y por último extendiendo el primer actuador 5, el robot 1
5 terminará en el estado 10V mostrado en la figura 4.

De esta forma, aunque el robot 1 solo tiene dos actuadores lineales binarios 5,6, éste puede alcanzar ocho estados distintos (y no solo cuatro), y el estado al que llegue dependerá de la secuencia de actuación concreta que se siga para extender o retraer
10 dichos actuadores lineales binarios 5,6. Siguiendo la secuencia apropiada, de manera similar al ejemplo anterior, el robot 1 podría realizar transiciones entre dos estados cualesquiera, de entre los ocho estados posibles de la figura 4. La clave de estas transiciones es que, al realizar cualquier trayectoria cerrada en el espacio de actuación de la figura 3, se está envolviendo una configuración singular especial, que es el punto
15 * en la figura 3, que intercambia dos estados distintos que tienen la misma combinación de variables binarias. Este punto * es una singularidad especial de este mecanismo. Es un punto situado en el interior del cuadrado 01-11-10-00 de la Figura 3. Si las longitudes de los actuadores 5,6 se situaran sobre ese punto, las rectas r_1 y r_3 quedarían coincidentes. Si el robot 1 actúa de forma binaria (actuadores 5,6 totalmente
20 extendidos o retraídos), ese punto * nunca podrá alcanzarse, pero sí rodearse, produciéndose la alternancia de soluciones tal y como se ha descrito. Aprovechando sus ocho estados posibles, el robot 1 dispone de una enorme libertad de movimiento para explorar el plano pese a tener solo dos actuadores lineales binarios 5,6, como ilustra la figura 5, que muestra el robot 1 a escala sobre su espacio de trabajo,
25 formado por el conjunto de posiciones (nube de puntos) que podría alcanzar el robot (el centro del primer cuerpo 2) tras una secuencia de tres ciclos completos (un ciclo completo se corresponde con la secuencia mostrada entre las figuras 2a-2d, como se ha explicado anteriormente). Como demuestra la figura 5, pese a tener solo dos actuadores lineales binarios 5,6, el espacio de trabajo del robot propuesto (que está
30 formado por un conjunto discreto de puntos) es capaz de poblar de forma muy densa el plano por el que se mueve, lo que denota una gran maniobrabilidad.

Aunque el planteamiento se ha realizado con actuadores binarios (para lograr un control más sencillo), los actuadores lineales 5,6 también podrían ser continuos, es
35 decir, además de las posiciones extremas de las barras (totalmente extendido y

totalmente retraído), presentan un movimiento continuo con diferentes posiciones de la barra entre estas posiciones extremas. Esto es así porque la actuación binaria es un caso particular de la actuación continua.

5

REIVINDICACIONES

1. Robot móvil desplazable en un plano, caracterizado por que comprende
- 5 - un primer cuerpo (2) y un segundo cuerpo (3), ambos conectados entre sí mediante
- una articulación pasiva (4) de dos grados de libertad, y por
- un primer actuador lineal (5) y un segundo actuador lineal (6), comprendiendo
- 10 cada uno de los actuadores lineales (5,6) una barra de longitud variable conectada a ambos cuerpos (2,3) mediante articulaciones de rotación (5',5'',6',6'') dispuestas en el primer cuerpo (2) y el segundo cuerpo (3) de tal forma que los actuadores lineales (5,6) quedan cruzados entre sí,
- un controlador (7) conectado a los actuadores lineales (5,6),
- comprendiendo los cuerpos (2,3) medios de adhesión temporal (8) al plano de desplazamiento del robot (1) conectados al controlador (7).
- 15
2. Robot móvil desplazable en un plano, según la reivindicación 1, en el que la articulación pasiva (4) de dos grados de libertad es del tipo pasador-en-ranura.
3. Robot móvil desplazable en un plano, según cualquiera de las reivindicaciones
- 20 anteriores, en el que los actuadores lineales (5,6) son binarios.
4. Robot móvil desplazable en un plano, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, en el que los actuadores lineales (5,6) tienen posiciones de parada intermedias entre sus extremos.
- 25
5. Robot móvil desplazable en un plano, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los medios de adhesión temporal (8) comprenden elementos seleccionados entre imanes y ventosas.

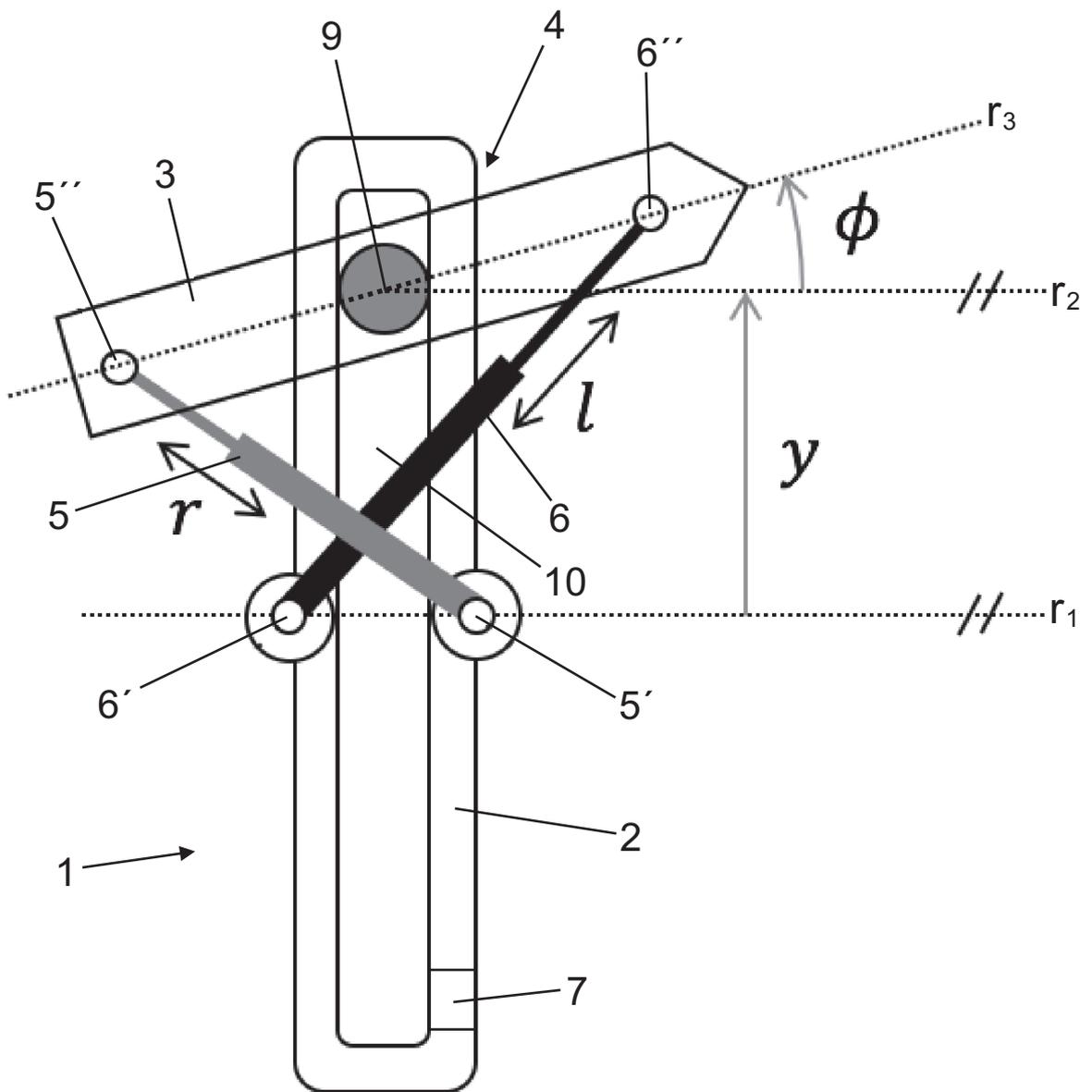


Fig. 1

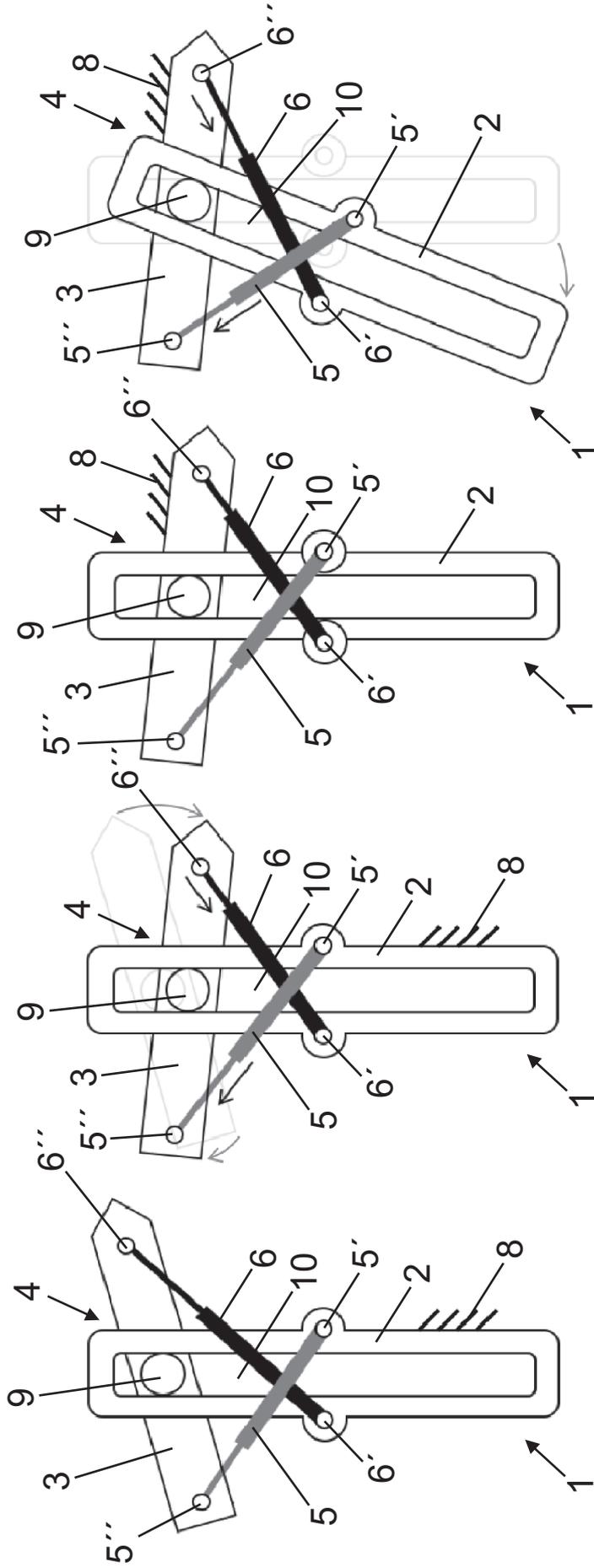


Fig. 2d

Fig. 2c

Fig. 2b

Fig. 2a

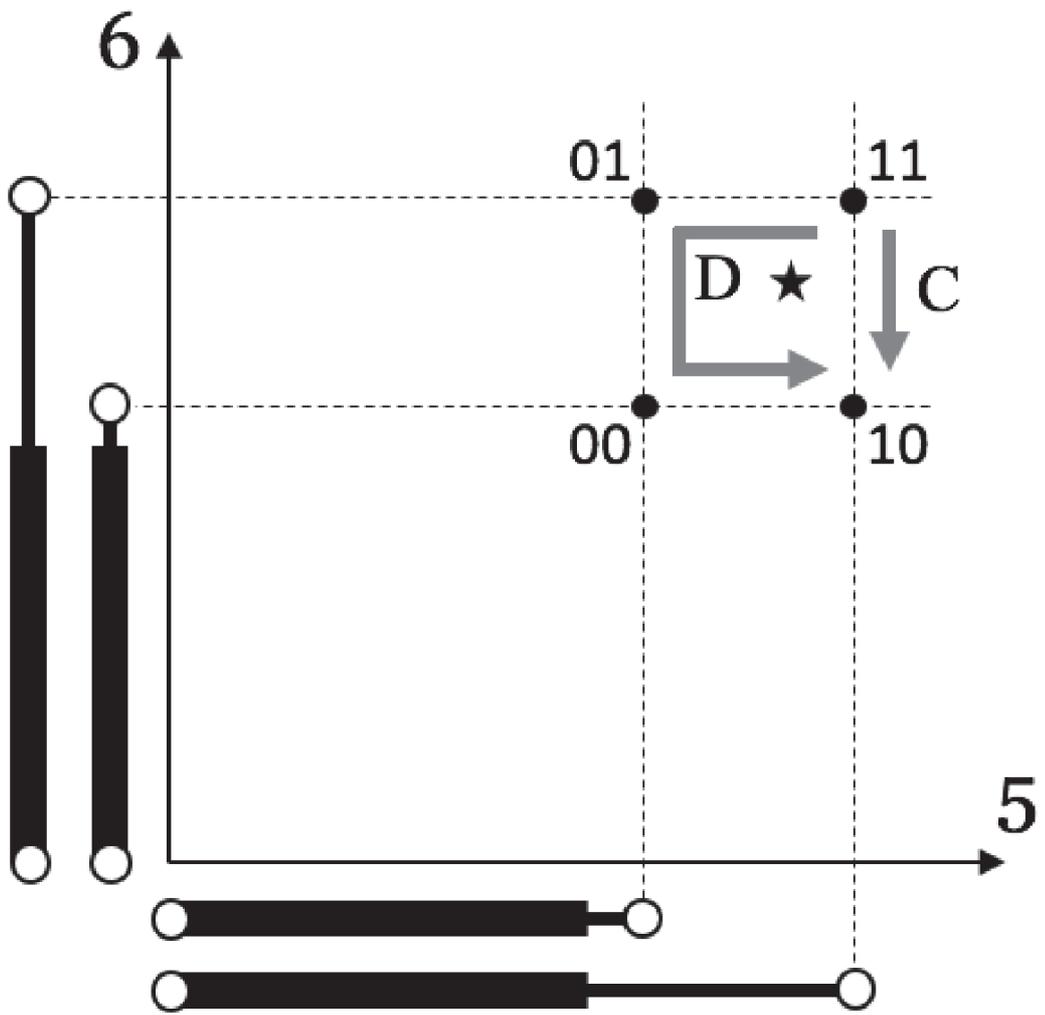


Fig. 3

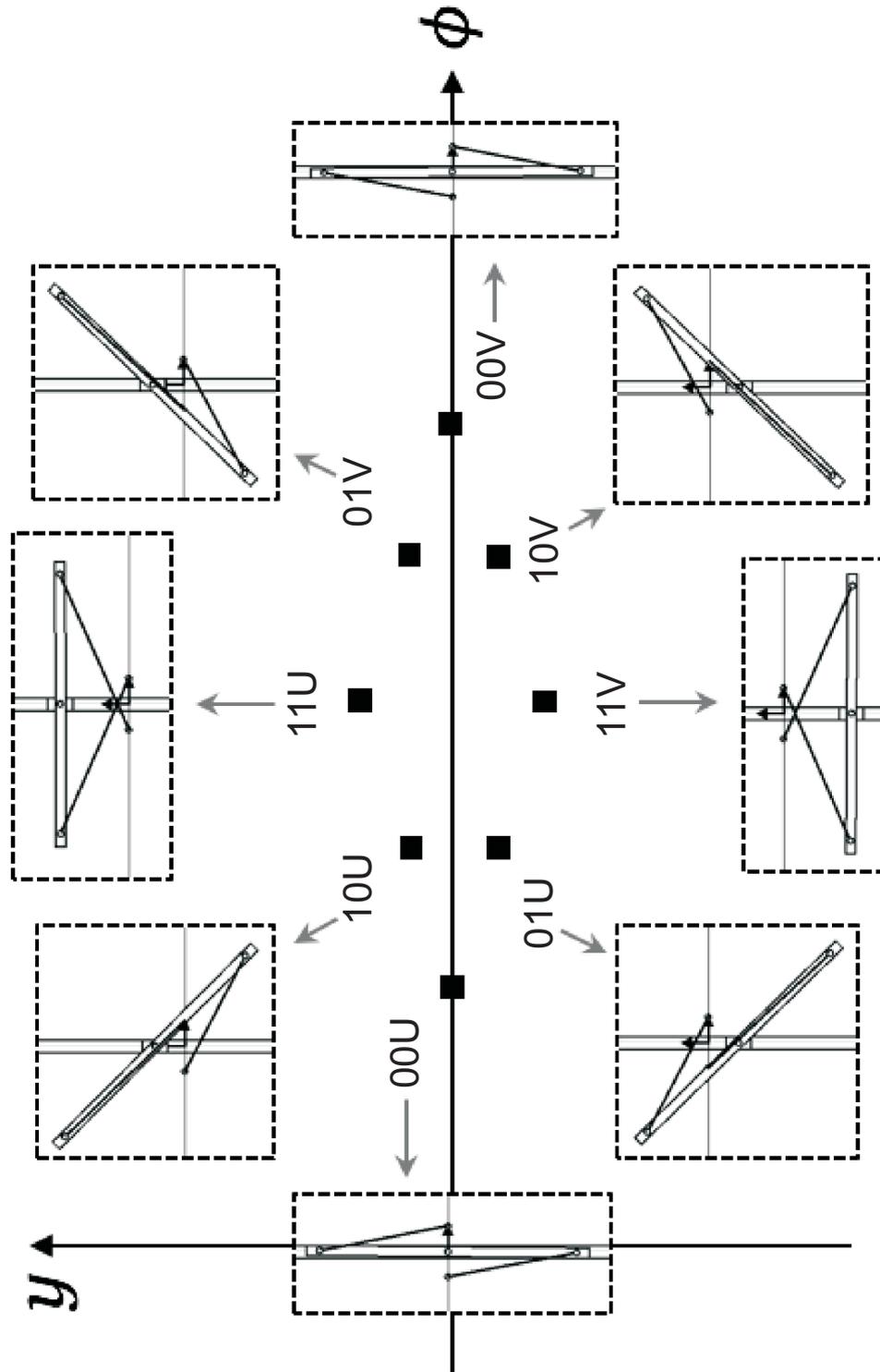


Fig. 4

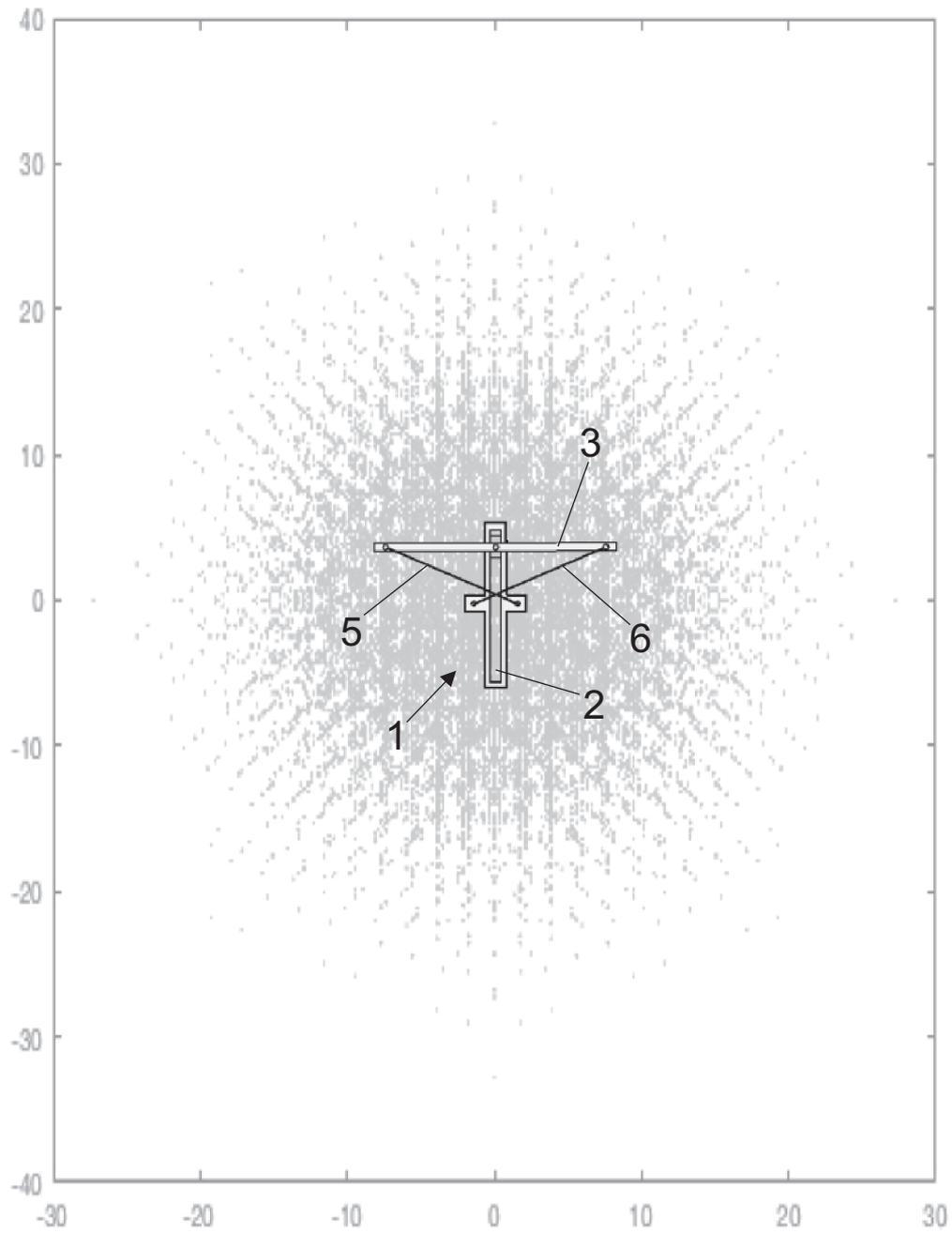


Fig. 5

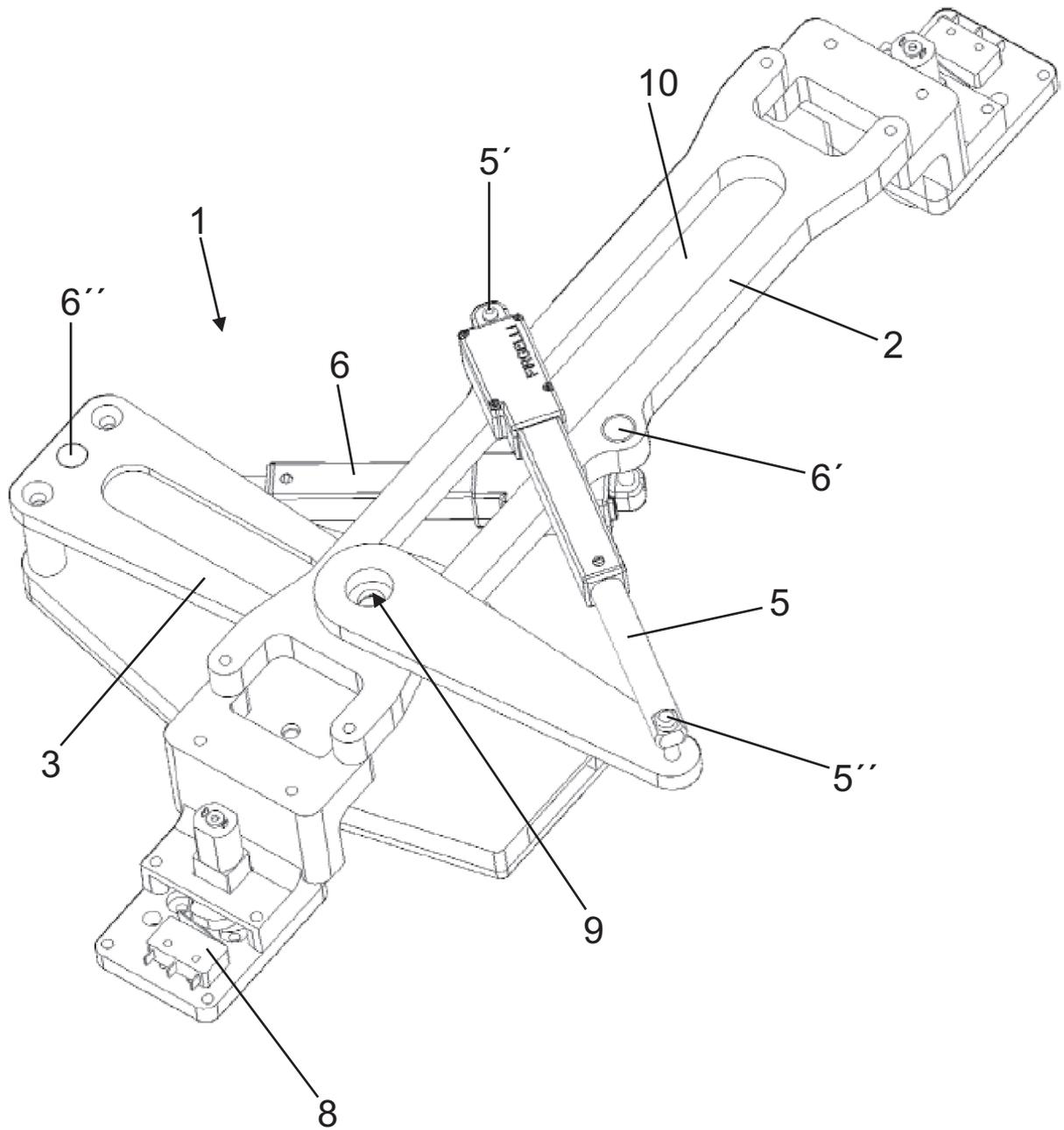


Fig. 6