

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 845 683**

51 Int. Cl.:

B25J 9/16 (2006.01)

B25J 15/06 (2006.01)

B25J 13/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.09.2016 PCT/US2016/049935**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.03.2017 WO17040803**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.09.2016 E 16766742 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.11.2020 EP 3344422**

54 Título: **Sistemas y métodos para proporcionar sistemas de control robótico dinámico**

30 Prioridad:

01.09.2015 US 201562212697 P
22.09.2015 US 201562221976 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
27.07.2021

73 Titular/es:

BERKSHIRE GREY, INC. (100.0%)
140 South Road
Bedford, MA 01730, US

72 Inventor/es:

WAGNER, THOMAS;
AHEARN, KEVIN;
DAWSON-HAGGERTY, MICHAEL;
GEYER, CHRISTOPHER;
KOLETSCHKA, THOMAS;
MARONEY, KYLE;
MASON, MATTHEW;
PRICE, GENE, TEMPLE;
ROMANO, JOSEPH;
SMITH, DANIEL;
SRINIVASA, SIDDHARTHA;
VELAGAPUDI, PRASANNA y
ALLEN, THOMAS

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 845 683 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

Sistemas y métodos para proporcionar sistemas de control robótico dinámico

5 **PRIORIDAD**

La presente solicitud reivindica la prioridad de la Solicitud de Patente Provisional U.S. Nº de serie 62/212.697 presentada del 1 de Septiembre de 2015 y la Solicitud de Patente Provisional U.S. Nº de serie 62/221.976 presenta el 22 de Septiembre de 2015.

10

ANTECEDENTES

La invención se refiere, en general, a robótica, y se refiere, en particular a sistemas de control robóticos que están diseñados para admitir una amplia variedad de condiciones y cargas inesperadas.

15

La mayoría de los sistemas robóticos industriales funciona de una manera desde arriba hacia abajo, generalmente de la siguiente manera: un controlador muestrea una variedad de sensores y entonces la lógica en ese mismo controlador calcula si debe actuar o no. La ventaja de este flujo lógico (referido normalmente como "sondeo") es que toda la lógica está en el mismo lugar. El inconveniente es que en sistemas robóticos prácticos, las señales son muestreadas a menudo con bastante lentitud. Además, todos los sensores deben estar cableados al armario de control, lo que conduce a tendidos de cables largos y propensos a errores.

20

Un ejemplo específico de esta arquitectura tradicional sería implementado generalmente por un proveedor de robots legados, tales como los vendidos por ABB Robotics, Inc. of Auburn Hills, Michigan, KukaRoboter GmbH de Alemania, Fanuc America Corporation of Rochester Hills, Michigan, o uno de sus integradores de primer nivel. Todos estos proveedores fomentan generalmente la misma arquitectura y tienen factores de forma similares. Por ejemplo, una célula de soldadura utilizada en una instalación de automoción puede tener un armario de control ABB IRC5, un robot ABB IRB2600 1.85m alcanza 6 grados de libertad, una unidad de soldadura Miller GMAW cableada sobre un bus industrial (Devicenet/CANbus) al IRC5 y un paquete de herramientas ando-farm que monta una antorcha GMAW (por ejemplo, un Tregaskiss Tough Gun). Toda la programación se hace en el IRC5, y el efector extremo no tiene conocimiento del mundo, y hechos tales como choques sólo pueden ser observados o prevenidos en el IRC5 que está él mismo bastante limitado.

25

30

De nuevo, en tales sistemas, sin embargo, las señales son muestreadas a menudo de una manera relativamente lenta y los sensores deben cablearse hasta el armario de control. Por lo tanto, permanece una necesidad de un sistema de control robótico que sea capaz de proporcionar de manera eficiente y fiable un control dinámico y sensibilidad a condiciones en el entorno del robot.

35

El documento US2010/180711 A1 describe un sistema efector extremo robótico y un método que tiene una pluralidad de efectores extremos que son selectivamente adecuados para aplicaciones particulares sobre una pieza de trabajo.

40

El documento US 2010/241260 A1 describe un método para controlar al menos un dispositivo industrial que utiliza un entorno de infraestructura remota que tiene al menos un recurso de cálculo y una red de comunicación con la nube.

45

Un artículo titulado "Neural Network Based Perturbation Identification Approach for High Accuracy Tracking Control of Robotic Manipulators" (por Moura et al. publicado el 1 de Noviembre de 2013) describe un sistema que proporciona control de seguimiento de un manipulador robótico, en el que el modelo utiliza una red neuronal para estimación y compensación de errores de modelos.

50

Un artículo titulado "A Flexible Robotic Gripper for Automation of Assembly Tasks: A Technology Study on a Gripper for Operation in Shared Human Environment" (por Vittoer et al. publicado el 25 de Mayo de 2011), describe un sistema de control dinámico para unas pinzas robóticas que, como se describe, son capaces de manipular una amplia gama de piezas utilizando una interfaz de muñeca de agarre que incluye una porción compatible y un puerto de comunicación para conexión a un sistema de control.

55

Un artículo titulado "Hand-Arm Coordination for a Tomato Harvesting Robot Based on Commercial Manipulator" (por Liu et al. publicado el 12 de Diciembre de 2013), describe un sistema robótico que incluye unas pinzas que, como se describe, están especialmente adaptadas para la recolección de tomates y otros fruta.

60 **SUMARIO**

De acuerdo con una realización, la invención proporciona un sistema de brazo articulado como se define en la reivindicación 1.

De acuerdo con otra realización, la invención proporciona un sistema de brazo articulado como se define en la reivindicación 8.

5 De acuerdo con otra realización, la invención proporciona un método de proporcionar una señal de control a un efector extremo de un brazo articulado. El método incluye las etapas definidas en la reivindicación 11.

De acuerdo con otra realización, la invención proporciona un método de proporcionar una señal de control a un efector extremo de un brazo articulado. El método incluye las etapas definidas en la reivindicación 14.

10 **BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS REALIZACIONES ILUSTRADAS**

La descripción siguiente se puede comprender mejor con referencia a los dibujos que se acompañan, en los que:

15 La figura 1 muestra una vista esquemática ilustrativa de un efector extremo utilizado en un sistema robótico.

La figura 2 muestra una vista esquemática ilustrativa de un controlador de a bordo utilizado en el efector extremo de la figura 1.

20 La figura 3 muestra una vista esquemática ilustrativa de etapas de procesamiento utilizadas por un sistema de control robótico.

La figura 4 muestra un sistema de brazo articulado de acuerdo con una realización de la invención.

25 La figura 5 muestra un diagrama de bloques ilustrativo de un sistema de control robótico de acuerdo con una realización de la invención.

Las figuras 6A y 6B muestran una vista esquemática ilustrativa de etapas ilustrativas de procesamiento utilizadas por el sistema de control robótico de la figura 5.

30 La figura 7 muestra una vista esquemática ilustrativa del sistema de brazo articulado de la figura 4 con el efector extremo girado 180 grados; y

Las figuras 8A y 8B muestran vistas esquemáticas ilustrativas de efectores extremos para uso en otras realizaciones de la invención.

35 Los dibujos se muestran sólo para fines ilustrativos.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

40 La invención proporciona una arquitectura para efectores extremos robóticos que permite el efector extremo alterar el estado del robot. El efector extremo puede observar el entorno a una frecuencia muy alta y comparar datos de los sensores locales y observaciones con respecto a un conjunto de fórmulas o de eventos de activación. Esto permite rutinas primitivas de movimiento de baja latencia agnósticas de robot, tales como, por ejemplo, *mover hasta succión* y *mover hasta fuerza* sin requerir el tiempo de respuesta completo del controlador robótico principal. Por lo tanto, está
45 previsto un efector extremo robótico que puede alterar el estado del robot y que, además, puede ser modificado durante un tiempo de ejecución basado en una variedad de políticas de control. También ha sido desarrollada una estrategia de diseño de pinzas de facetas múltiples para agarre multimodal sin cambiadores de herramientas.

50 Una mayoría de sistemas robóticos industriales ejecutar su control lógico de programación solamente en un lugar – en el controlador del robot. El controlador del control en estos sistemas es a menudo un controlador de legado grande con un lenguaje de programación oscuro (y a veces pobremente caracterizado). En contraste, la mayoría de los sistemas robóticos modernos y emergentes contienen lógica distribuida entre un controlador de robot y varios ordenadores de puestos de trabajo que ejecutan un sistema operativo moderno y una pila de software, tal como el sistema operativo Ubuntu vendido por Canonical Ltd. of Isle Of Man, el sistema operativo Linux proporcionado por The
55 Linux Foundation de San Francisco, California y el entorno operativo robótico ROS proporcionado por Open Source Robotics Foundation de San Francisco, California.

60 Un aspecto positivo de estas arquitecturas es que proporcionan cantidades enormes, incluso arbitrarias, de potencia de cálculo que puede ser dirigida hacia problemas como planificación del movimiento, localización, visión por ordenador, etc. Los puntos débiles de esta arquitectura son principalmente que el paso por middleware de alto nivel, tal como ROS añade latencia significativa y la evaluación de una política de control en un núcleo puede requerir tiempos de ejecución muy superiores a 100ms.

Como una solución de unificación de este problema, ha sido desarrollado un sistema de control de pinzas con electrónica de a bordo, sensores y actuadores en los que una lógica de alto nivel que controla el sistema carga un

conjunto de “activadores” en el tiempo de proceso. Éstos son medidas de control, tales como *parar el robot cuando se observa una fuerza por encima de X Newtons* o *cuando se observa objeto por sensor de profundidad, ralentizar la trayectoria*. El efector extremo puede evaluar entonces la medida nativamente en el nivel de kHz, y activas acciones de situaciones en las que las pinzas deberían actuar.

5 La figura 1 muestra una porción de un conjunto de brazo articulado que incluye un sistema sensor de fuerza 1, electrónica de control de a bordo 2, un efecto extremo de vacío 3, un sistema sensor de profundidad tridimensional 4, un sensor de la presión de entrada 5, un sensor de la presión de salida 6, y otro efector extremo de vacío 7. Por lo tanto, el brazo articulado incluye una electrónica de control de a bordo 2 así como múltiples efectores extremos 3, 7.
10 En ciertas realizaciones, el brazo articulado puede incluir otro efector extremo similar al efector extremo 3 que está adyacente al efector extremo 3 (y, por lo tanto, no se muestra en la figura 1).

La figura 2 muestra la electrónica de control de a bordo 2, que incluye conectores 11 para los sensores de fuerza, conectores 12 para el robot, conectores 13 para los sensores de presión, conectores 14 para LEDs tales como RGB LEDs, y el conector 15 para un microcontrolador con conexiones en serie y sin cables.

Un sistema de control de brazo articulado incluye un brazo articulado con un efector extremo, al menos un sensor para detectar al menos uno de la posición, movimiento o aceleración del brazo articulado, un controlador principal para proporcionar control de cálculo del brazo articulado, y un controlador de a bordo para proporcionar, sensible a al menos un sensor, una señal de control al controlador principal.

La figura 3 muestra una rutina de control de robot pre-programad que comienza (etapa 300), ejecuta un primer programa por lotes (etapa 302), sondea sensores para entradas (etapa 304), ejecuta un segundo programa por lotes (etapa 306), sondea los sensores de nuevo para entradas (etapa 308), ejecuta un tercer programa por lotes (etapa 310) y entonces termina (etapa 312). Si el sistema se basa en entradas de sensor para causar un cambio en el programa (por ejemplo, parada debido a lecturas de un sensor de fuerza), el sistema debe esperar que el sensor sea consultado. De acuerdo con formas de realización de la presente invención, por otra parte, se pueden proporcionar señales de interrupción al controlador de robot principal para causar respuestas específicas pre-definidas. Como se muestra esquemáticamente en la figura 3, tales señales de interrupción pueden ser recibidas en cualquier momento y procesadas inmediatamente.

La figura 4 muestra un sistema robótico 20 de acuerdo con una realización de la presente invención, en la que la porción de brazo articulado de la figura 1 (incluyendo el sistema sensor de fuerza 1, electrónica de control de a bordo 2, el efector extremo de vacío 3, el sistema sensor de profundidad tridimensional 4, el sensor de la presión de entrada 5, el sensor de la presión de salida 6, y otro efector extremo de vacío 7) se fija a otras secciones del brazo articulado 22, 24, 26, 28 y 30. La sección de brazo articulado 30 está fijada a una base de robot 32, que está acoplada a un controlador de robot principal 34 por cables de conector 36. Una señal de interrupción puede ser proporcionada desde la electrónica de control de a bordo 2 al controlador de robot principal 34 o bien a través de conexión directa de cable o sin cables.

Esta solución implica varias ventajas enormes. Primero, se pueden añadir los comportamientos avanzados que uno genera a cualquier robot con tal que el robot cumpla con una API relativamente sencilla. Segundo, se pueden evitar tendidos de cables largos para señales delicadas, desde el efector extremo hasta la caja de control del robot (que está montada a menudo a cierta distancia de una célula de trabajo). Tercero, se puede responder a cambios en el entorno a la velocidad de un bucle de control nativo, a menudo miles de veces más rápido que el paso exclusivamente a través de una lógica de alto nivel y middleware. Cuarto, se pueden alterar estas medidas en el tiempo del proceso, conmutando desde *mover hasta succión hasta parar después de la pérdida de succión*, así como medidas de concatenación.

La invención proporciona un método de alteración o anulación de una señal de control desde un controlador principal hasta un efector extremo.

La figura 5, por ejemplo, muestra una implementación de la electrónica de control de a bordo 2. La electrónica 2 recibe en 40 unas señales de control desde el controlador de robot principal 34 (mostrado en la figura 4) que causa que se muevan los motores M1, M2, M3 (mostrados en 42, 44 y 46) y el vacío (mostrado en 48) en el brazo articulado. Los motores pueden controlar, por ejemplo, los motores del codo, de la muñeca y de las pinzas del brazo articulado. En ausencia de cualquier señal de reacción desde el entorno, las señales de control 40 con encaminadas hasta los motores apropiados para el control del brazo articulado de acuerdo con el programa en el controlador principal.

La electrónica 2, sin embargo, está acoplada también a sensores de entrada que incluyen sensores de presión 50, 52 y 54, una cámara 56, sensores de fuerza / par 58, 60, sensor de deflexión / deformación 62 y sensor de flujo 63. Estos sensores están acoplados a un controlador de a bordo 64 que determina si hay que enviar o no una señal de interrupción al controlador robótico principal y determina si hay que actuar o no inmediatamente anulando cualquiera

de las señales de salida a los motores M1 - M3 y el vacío. Esto se consigue acopando el controlador de a bordo 64 a las conexiones de control 66, 68, 70 y 72 en las trayectorias de control de las señales 42, 44, 46 y 48.

5 El robot, por ejemplo, puede estar trabajando en entornos dinámicos muy parasitarios. Para manipular objetos en estas condiciones, se necesita mucha más detección que la requerida por un sistema robótico típico de circuito abierto, más estructurado. Por lo tanto, las pinzas están instrumentadas con sensores de presión absoluta, una cámara 3D RGBD, sensor de fuerza-par, y detección de la deflexión de la ventosa. Detectando y procesando los datos de sensor directamente en la muñeca a través de un hardware de microcontrolador se pueden fijar interrupciones (a través de entradas digitales) *inmediatamente* (cientos/miles de Hz). Existe mucho más gasto general en el otro método de comunicación de los datos del sensor de retorno al controlador robótico principal para análisis, lo que sería significativamente más lento. Esto permite modificar el movimiento/ejecución del robot significativamente más rápido, lo que, a su vez, permite mover el robot significativamente más rápido, adaptándose a velocidades no posibles en otro caso. En estos entornos dinámicos e impredecibles, la adaptación y la provisión de la recuperación tienen una importancia vital.

15 Los sensores de presión, por ejemplo, pueden proporcionar agarre / no agarre binario, y comparaciones de umbral (> presión de agarre, < presión de retracción requerida, < presión de caída). Los sensores de presión pueden mapear también propiedades del material / aprietes seleccionados para lecturas de presión previstas y modificar en tiempo real la ejecución de la trayectoria (velocidades, limitaciones) con el fin de asegurar el transporte con éxito. Los sensores de presión pueden proporcionar también una supervisión en tiempo real de la presión ascendente (presión desde la fuente) para asegurar la presión esperada del aire disponible, y modificar mediciones de succión previsibles descendentes de manera correspondiente.

25 La cámara puede ser una cámara RGBD que proporciona datos relacionados con el registro del entorno, localización automática de componentes previstos del entorno (transportador, fuera de estantes, pila a granel) para eliminar la sintonización manual, y objetos/obstáculos esperados/inesperados en el entorno y modificar la ejecución de la trayectoria de manera correspondiente.

30 Los sensores de fuerza-par pueden proporcionar interrupciones de impulsos. Cuando se encuentra una fuerza o par inusual o inesperado se puede detener la ejecución de la trayectoria y recuperarla donde el robot habría continuado antes su movimiento en colisión con ese objeto causando daño al objeto o al robot. Los sensores de fuerza-par pueden proporcionar también estimaciones de masa /COM, tales como las estimaciones de masa Model Free que pueden informar de la ejecución de la trayectoria para ralentizarla, ya que se puede tratar de masas e inercias más altas en el punto extremo, que son más probables que se caigan debido a la caída del par de torsión. Las estimaciones de masas basadas en modelos pueden utilizarse también para asegurar la calidad del apriete por encima de COM para asegurar que se ha agarrado el objeto correcto, que el objeto está individualizado, y que el objeto no está dañado (masa inesperada).

40 El sensor de deflexión/deformación puede observar el contacto de la ventosa con el entorno (típicamente cuando se desea interrumpir el movimiento), ya que los fuelles se desinflan y no tienen lecturas de presiones modificadas, y no han visualizado todavía un impulso de fuerza apreciable. El sensor de deflexión en su forma más simple se utilizará para interrumpir el movimiento y evitar Paradas Protectoras de Fuerza del robot, que es la medida más precoz de contacto. El sensor de deflexión/deformación puede medir también la *flexibilidad* de los picos, que permite modificar de nuevo en tiempo real la ejecución de la trayectoria, ralentizar o limitar los movimientos para asegurar el éxito del transporte o ponerla de nuevo en el margen si la flexibilidad está más allá de un umbral en el que el objeto puede ser transportado con seguridad.

50 Los sensores de flujo pueden detectar cambios en la cantidad de flujo de aire en comparación con los valores o cambios del flujo de aire. Por ejemplo, después de agarrar un objeto, es previsible que se reduzca el flujo de aire. Una vez que el objeto ha sido agarrado y está siendo transportado o justamente retenido, un incremento brusco del flujo de aire puede indicar que el agarre ha sido comprometido y que se ha caído el objeto. La supervisión del peso en combinación con el flujo de aire se puede emplear también, particularmente cuando se utilizan sistemas de vacío de flujo alto.

55 Con referencia a la figura 6A, el programa comienza (etapa 600) aplicando un efector extremo a un objeto en una localización de agarre seleccionada (etapa 602). Se aplica un vacío al efector extremo (etapa 604) y se consultan los sensores etapa 606). Sensible a las entradas de sensores, el sistema determina si debería tratar de coger el objeto (etapa 608). Por ejemplo, si se detecta un flujo de vacío demasiado alto, el sistema puede determinar si el agarre es insuficiente para coger el objeto. En este caso, el sistema determinará (etapa 610) si ya han existido demasiados intentos de coger este objeto particular (posiblemente implicando al controlador principal). Si no han existido ya demasiado re-intentos, el sistema puede seleccionar otra localización de agarre para el objeto (etapa 612) y retornar a la etapa 602 anterior. Si el sistema determina que ya han existido demasiados re-intentos, el sistema seleccionará un nuevo objeto y una nueva localización de agarre asociada (etapa 614) y retornará a la etapa 602 anterior.

Si el sistema determina que el objeto debería ser elevado (etapa 608), el sistema elevará entonces el objeto (etapa 616) y entonces leerá los sensores (etapa 618). Si la orientación del efector extremo tiene que ser ajustada, el sistema ajusta la orientación del efector extremo (etapa 620), por ejemplo para causar que un objeto pesado sea mantenido en tensión (verticalmente) por el efector extremo en oposición a una combinación de un agarre vertical y horizontal que causaría que se aplicase una fuerza de cizallamiento. En otro ejemplo, el sistema puede seleccionar la retención de un objeto más ligero con una combinación de un agarre vertical y horizontal para permitir un movimiento de rotación de alta velocidad, para que cuando el objeto está siendo movido, se aplique una fuerza centrífuga en la dirección alineada con el agarre del objeto. Una vez seleccionada la orientación del efector extremo (etapa 620), el sistema seleccionará una vía de trayectoria (etapa 622) y entonces comenzará la ejecución de la trayectoria, por ejemplo, el programa por lotes N (etapa 624).

Con referencia a la figura 6B, la ejecución del programa por lotes N puede comenzar consultando uno o más sensores para entradas (etapa 626). Si ninguna de las entradas excede un umbral definido para el comando de control principal (etapa 628), por ejemplo para moverse en un cierto vector, entonces el sistema continuará ejecutando el programa por lotes (etapa 630) hasta que lo ejecuta (después de lo cual el sistema retorna a la etapa 614). Si el programa por lotes no es ejecutado, el sistema retorna a la etapa 626 consultando el (los) sensor(es) para entradas. Si ninguna de las entradas desde el (los) sensor(es) excede un umbral (etapa 628), entonces el sistema determinará si el comando de control principal debería alterarse (por ejemplo, movimiento ralentizado o cambio de la trayectoria) (etapa 632), y en ese caso, el programa alterará el comando de control principal (etapa 634). Si el comando de control principal no es alterado, el sistema determinará si el comando de control principal debería anularse (etapa 636), por ejemplo, debería detenerse el movimiento del efector extremo o debería ponerse el objeto para un nuevo intento de agarre, o el objeto se ha caído, en cuyo caso el sistema procederá a coger un objeto nuevo y señalará para que una persona indique que se ha caído un objeto. En cualquiera de los casos ejemplares, el programara anulará el comando de control principal (etapa 638). En cualquier caso, el sistema retorna entonces a ejecutar el programa por lotes o bien alterado o cancelado, retornando a la etapa 626 hasta que se ejecuta. Si se cambia (altera o anula) la señal de control principal para un programa por lotes, se notifica oportunamente también al controlador principal.

Un sistema de control de brazo articulado incluye un brazo articulado con un efector extremo, al menos un sensor para detectar al menos uno de la posición, movimiento o aceleración del brazo articulado, y un controlador principal para proporcionar control de cálculo del brazo articulado, y un controlador de a bordo para proporcionar, sensible al menos a un sensor, una señal de movimiento que controla directamente al menos una porción del brazo articulado.

La figura 7 muestra, por ejemplo, el sistema robótico 20 de la figura 4, excepto que la porción de brazo articulado 1 está girada con respecto a la sección de brazo articulado 22, de tal manera que el efector extremo de vacío 3 está posicionado ahora para acoplarse con el entorno de trabajo mientras el efector extremo de vacío 7 se mueve fuera del camino.

Una contribución única del brazo articulado es sus múltiples facetas para agarre multimodal, por ejemplo con múltiples pinzas empaquetadas en un solo efector extremo, de tal manera que el robot puede utilizar diferentes pinzas orientando el efector extremo del robot de diferentes maneras. Estas facetas pueden combinarse en combinaciones así como individualmente. Otros métodos más comunes son cambiadores de herramientas, que conmutan una herramienta individual con una diferente sobre un bastidor. El agarre multimodal de la presente invención reduce el tiempo del ciclo significativamente comparado con cambiadores de herramientas, así como es capaz de combinar múltiples aspectos de un efector extremo individual para coger objetos únicos.

Los diseños de las pinzas en las realizaciones anteriores que implican el uso de hasta tres ventosas, pueden diseñarse específicamente para agarrar objetos inferiores a un cierto peso, tal como 2,2 libras, entre un conjunto de objetos, y para agarrar y manipular los envases en los que están previstos los objetos.

El mismo método de instrumentación de un efecto extremo de agarre de vacío puede ser aplicado también a cualquier configuración arbitraria de ventosas. Por ejemplo, si el sistema robótico tiene que manejar cajas que pueden utilizarse para el envío de cosas, entonces se pueden crear disposiciones arbitrarias NxM de células de succión para manejar rangos de peso de tales paquetes. La figura 8A, por ejemplo, muestra un efector extremo 70 que incluye una matriz 3 por 3 de secciones 72 de efector extremo, cada una de las cuales incluye una ventosa 74. Cada sección 72 del efector extremo puede incluir sensores de presión como se ha descrito anteriormente, y cada ventosa 74 puede incluir un sensor de deformación que es capaz de detectar deformación a lo largo de cualquiera de tres dimensiones. Las secciones 72 del efector extremo están montadas en una base común 76 que incluye un acoplamiento 78 para fijación a un brazo articulado.

La figura 8B muestra un efector extremo 80 que incluye una matriz 6 por 6 de secciones 82 de efector extremo, cada una de las cuales incluye una ventosa 84. De nuevo, cada sección 82 de efector extremo puede incluir sensores de presión como se ha descrito anteriormente y cada ventosa 84 puede incluir un sensor de deformación que es capaz de detectar deformación a lo largo de cualquiera de tres dimensiones. Las secciones 82 del efector extremo están montadas en una base común 86 que incluye un acoplamiento 88 para fijación a un brazo articulado.

5 La matriz 3x3 puede manejar, por ejemplo, paquetes de hasta 69,8 onzas, y la matriz 6x6 puede manejar hasta 79,2 onzas. Tal escala de secciones de efector extremo pueden realizarse arbitrariamente grandes y de formas arbitrarias (si, por ejemplo, los objetos conocidos a manejar son de una forma particular opuesta a la forma general cuadrada/rectangular).

10 Es significativo que extrapolando la célula de vacío estándar a tamaños/formas arbitrarios, puede diseñarse un efector extremo instrumentalizado para cualquier objeto o clase de objetos dados que comparten todas las ventajas de tal instrumentación como las realizaciones anteriores.

Los expertos en la técnica apreciarán que se pueden realizar numerosas variaciones y modificaciones en las realizaciones descritas anteriormente sin apartarse del alcance de la presente invención, como se define por las reivindicaciones anexas.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un sistema de brazo articulado que comprende un brazo articulado (22, 24, 26, 28, 30) que incluye un efector extremo (3, 7), y un sistema de control (4, 34, 64) del brazo articulado que incluye al menos un sensor (4) para detectar al menos uno de entre la posición, movimiento o aceleración del brazo articulado, y un controlador principal (34) para proporcionar control de cálculo del brazo articulado utilizando al menos una señal de control principal (40), y un controlador de a bordo (64) acoplado a dicho efector extremo para proporcionar, sensible al menos a un sensor, una señal de control de movimiento que anula la al menos una señal de control principal y controla directamente al menos una porción del brazo articulado.
- 10 2. El sistema de brazo articulado según la reivindicación 1, en donde dicha señal de control de movimiento anula la al menos una señal de control principal desde el controlador principal utilizando una unión de control (66, 68, 70, 72) a través de la cual pasa la señal de control principal.
- 15 3. El sistema de brazo articulado según la reivindicación 2, en donde dicha señal de control de movimiento anula la al menos una señal de control principal desde el controlador principal para cambiar cualquiera de la aceleración, movimiento o posición del efector extremo.
- 20 4. El sistema de brazo articulado según la reivindicación 2, en donde dicha señal de control de movimiento anula el movimiento del brazo articulado.
- 25 5. El sistema de brazo articulado según la reivindicación 1, en donde dicho al menos un sensor está provisto junto con una pluralidad de sensores, y en donde dichos sensores incluyen cualquiera de sensores de flujo, sensores de presión, sensores de par y sensores de deformación.
- 30 6. El sistema de brazo articulado según la reivindicación 1, en donde dicho controlador de a bordo está previsto próximo al efector extremo.
- 30 7. El sistema de brazo articulado según la reivindicación 1, en donde dicho efector extremo incluye una pluralidad de secciones (3, 7) de efector extremo, cada una de las cuales incluye una ventosa, opcionalmente en donde
- a) cada sección de efector extremo incluye al menos un sensor de presión (5, 6); y/o
- b) dichas secciones de efector extremo están previstas en una matriz ordenada (70, 80).
- 35 8. Un sistema de brazo articulado que comprende un brazo articulado (22, 24, 26, 28, 30) que incluye un efector extremo (3, 7), y un sistema de control (4, 34, 64) del brazo articulado que incluye al menos un sensor (4) para detectar al menos uno de entre la posición, movimiento o aceleración del brazo articulado, y un controlador principal (34) para proporcionar control de cálculo del brazo articulado utilizando al menos una señal de control principal (40), y un controlador de a bordo (64) acoplado a dicho efector extremo para proporcionar, sensible al menos a un sensor, una
- 40 señal de control de movimiento al controlador principal que modifica la señal de control principal.
9. El sistema de brazo articulado según la reivindicación 8, en donde dicha señal de control de modificación está prevista como una señal de interrupción al controlador principal.
- 45 10. El sistema de brazo articulado según la reivindicación 8, en donde dicho al menos un sensor está provisto junto con una pluralidad de sensores y en donde cada uno de dicha pluralidad de sensores incluye cualquiera de sensores de flujo, sensores de presión, cámaras, sensores de par y sensores de deformación.
- 50 11. Un método para proporcionar una señal de control a un efector extremo de un brazo articulado (22, 24, 26, 28, 30), comprendiendo dicho método las etapas de:
- proporcionar una señal de control principal desde un controlador principal hasta un efector extremo del brazo articulado a través de un sistema de control de a bordo (2) sobre el brazo articulado, dicha señal de control principal para controlar cualquiera de una posición, movimiento o aceleración del brazo articulado;
- 55 recibir por el sistema de control de a bordo una señal de entrada de sensor desde al menos un sensor posicionado próximo al efector extremo; y
- modificar al menos parcialmente a señal de control principal sensible a la señal de entrada del sensor para proporcionar una señal de control principal modificada.
- 60 12. El método según la reivindicación 11, en donde la señal de entrada del sensor está acoplada a un controlador de a bordo (64) del sistema de control de a bordo, y en donde el controlador de a bordo está montado sobre el brazo articulado.

13. El método según la reivindicación 11, en donde la señal de entrada del sensor está acoplada a un controlador de a bordo (64) del sistema de control de a bordo, y en donde el controlador de a bordo está montado próximo al efector extremo.
- 5 14. Un método para proporcionar una señal de control a un efector extremo de un brazo articulado, comprendiendo dicho método las etapas de:
- 10 proporcionar una señal de control principal (40) desde un controlador principal (34) hasta el efector extremo del brazo articulado a través de un sistema de control de a bordo (2) sobre el brazo articulado, dicha señal de control principal para controlar cualquiera de una posición, movimiento o aceleración del brazo articulado; recibir por el sistema de control de a bordo una señal de entrada de sensor desde un sensor (4) posicionado próximo al efector extremo; y anular la señal de control principal sensible a la señal de entrada del sensor.
- 15 15. El método según la reivindicación 14, en donde dicho al menos un sensor está provisto junto con una pluralidad de sensores, en donde cada uno de dicha pluralidad de sensores incluye cualquiera de sensores de flujo, sensores de presión, cámaras, sensores de par y sensores de deformación.

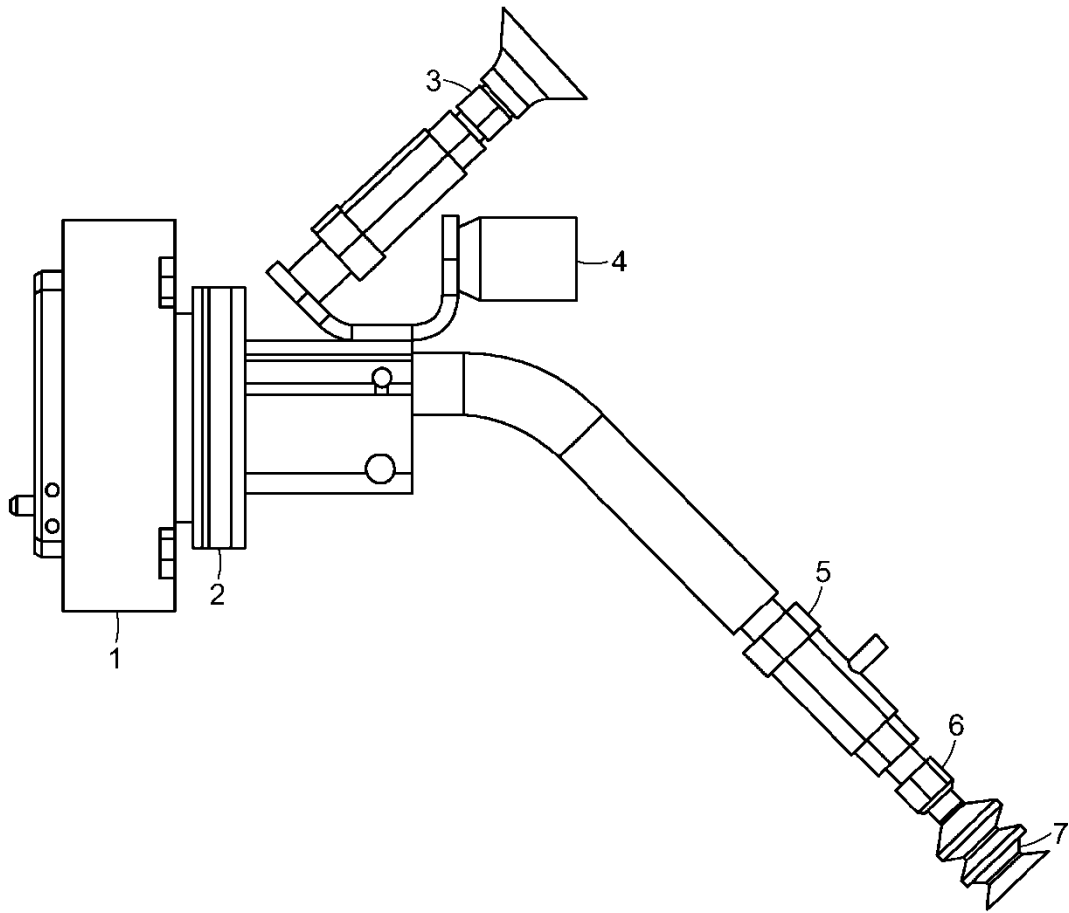


FIG. 1

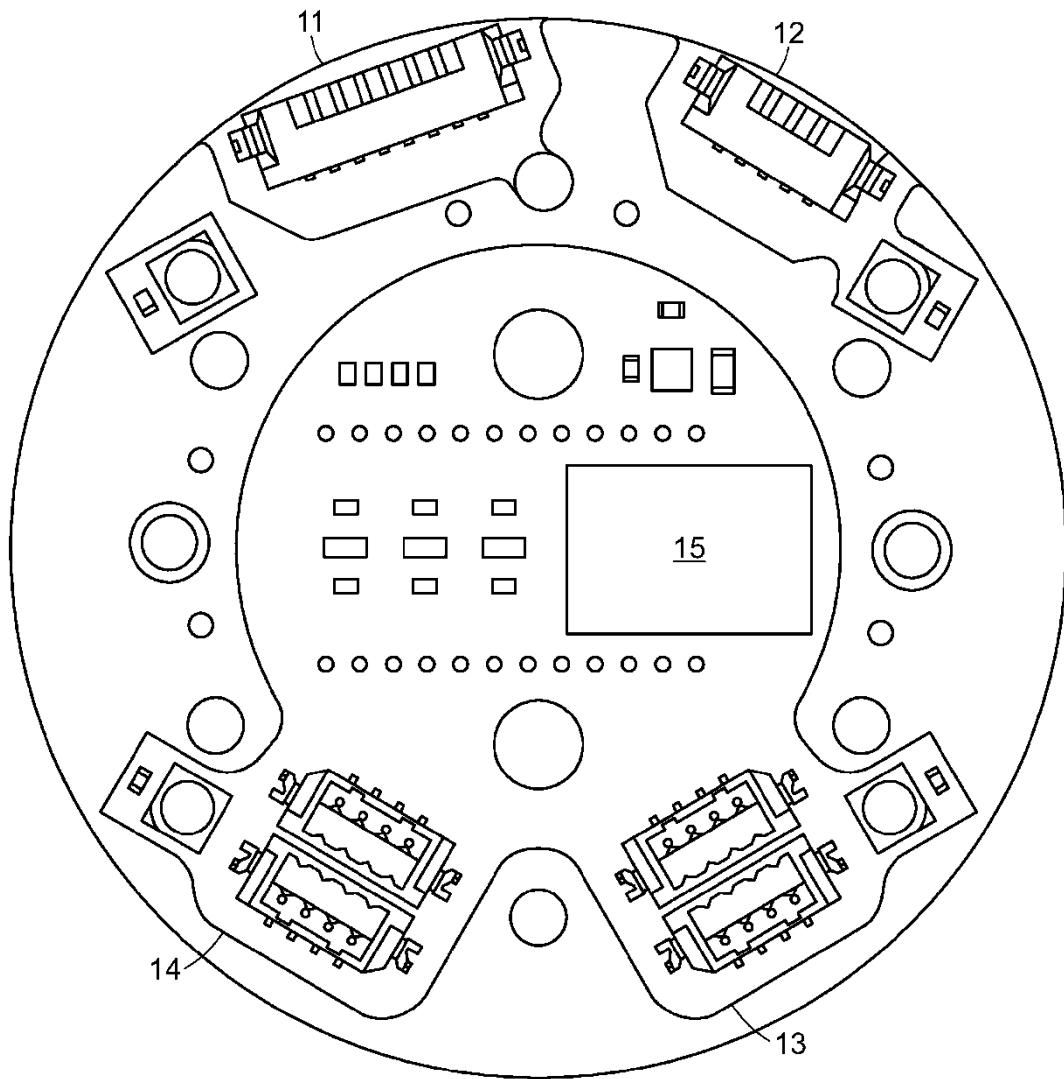


FIG. 2

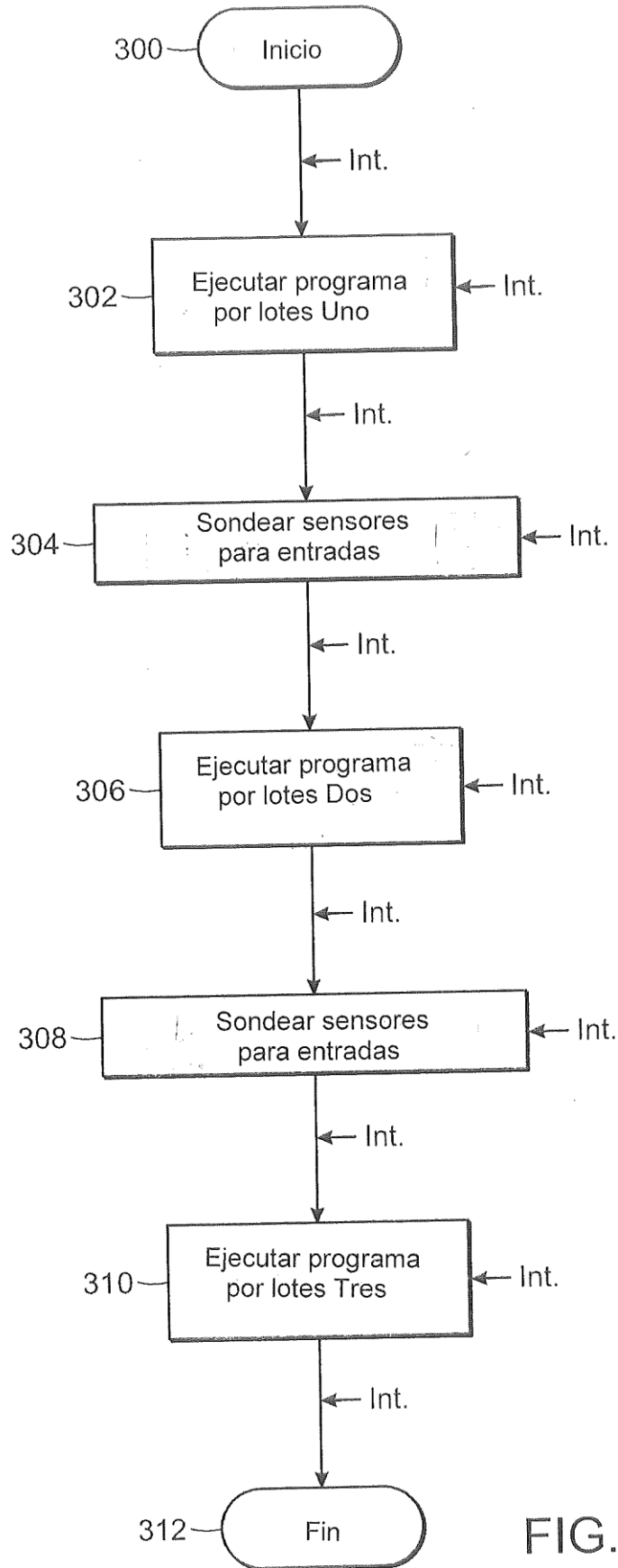


FIG. 3

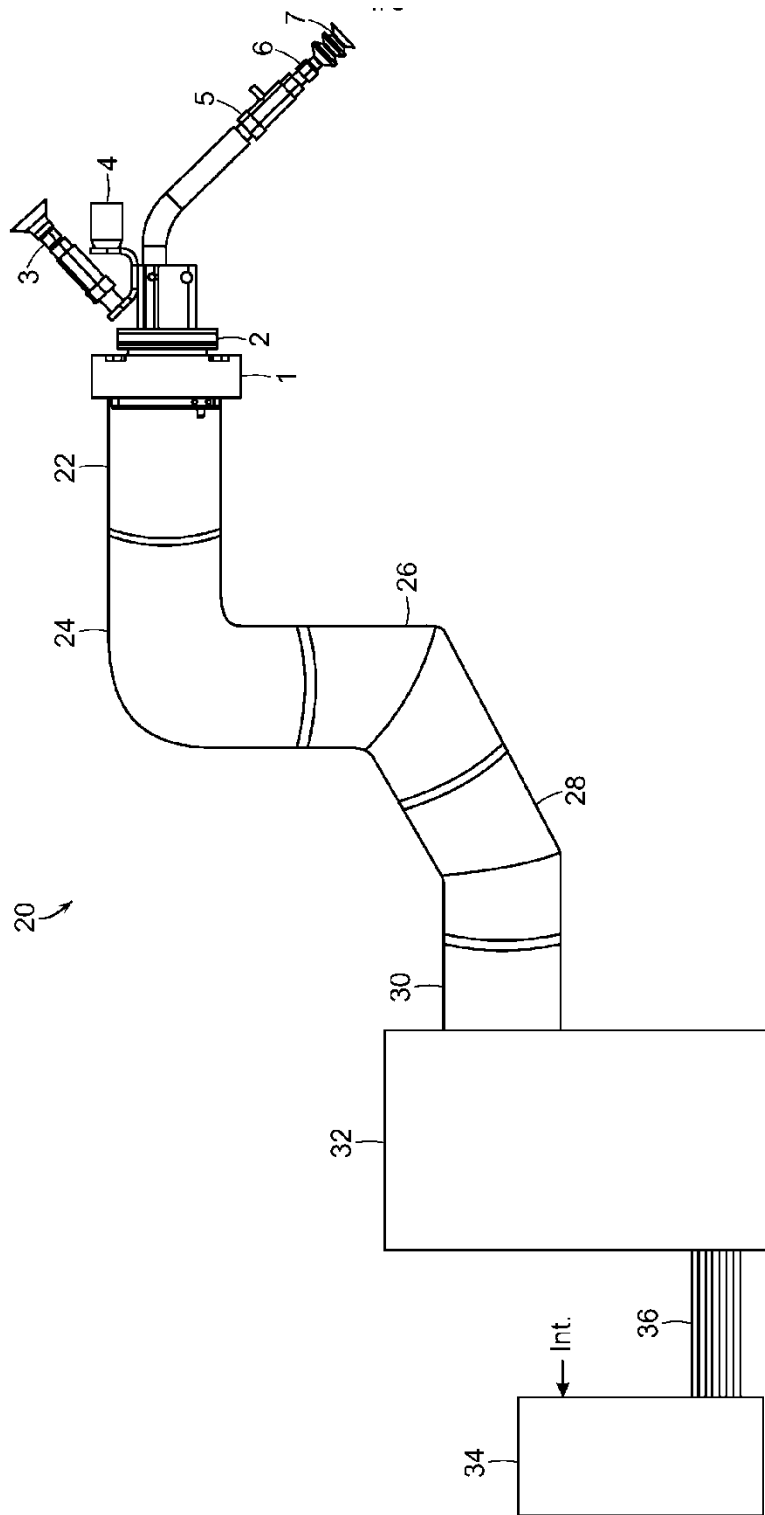


FIG. 4

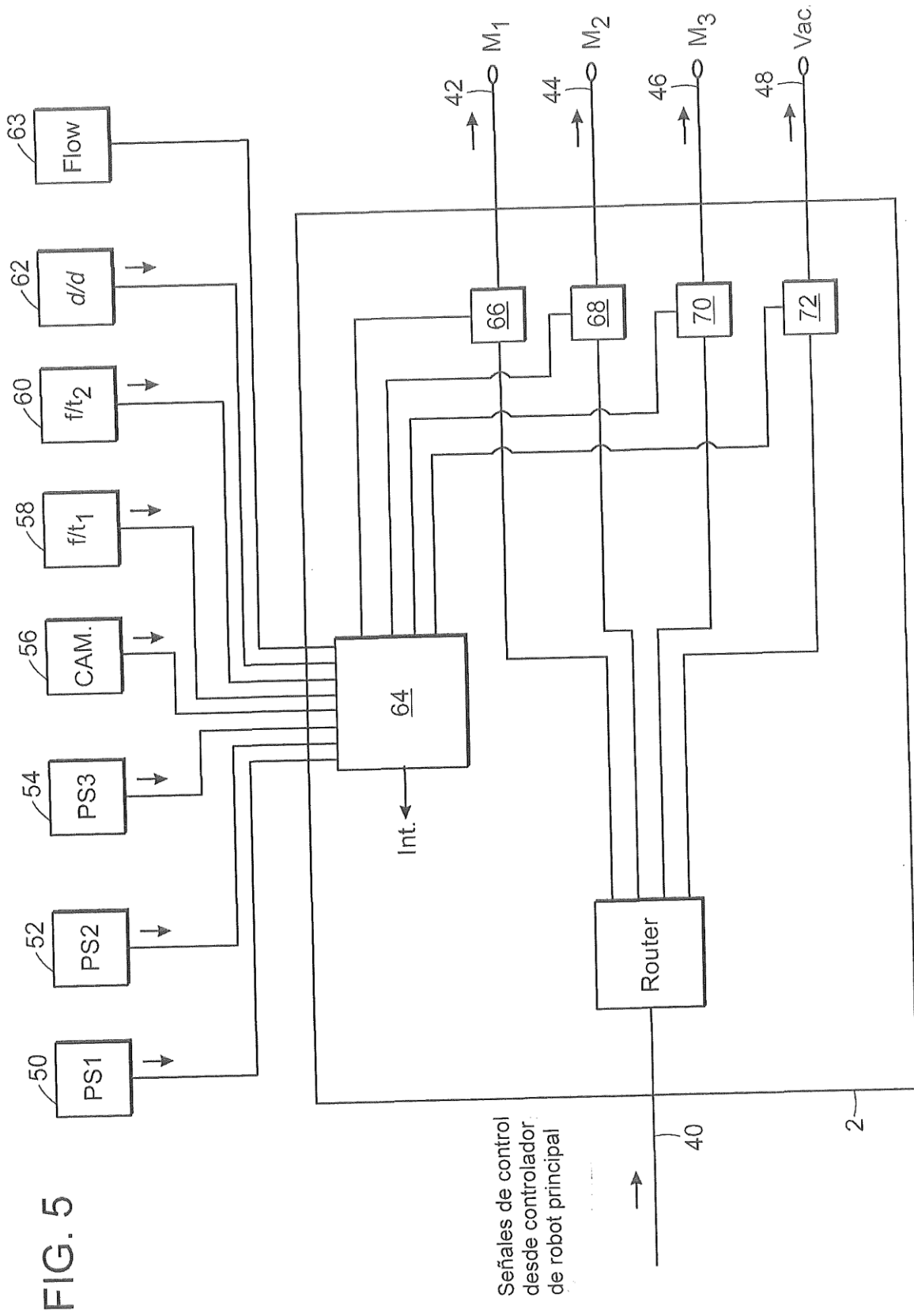


FIG. 5

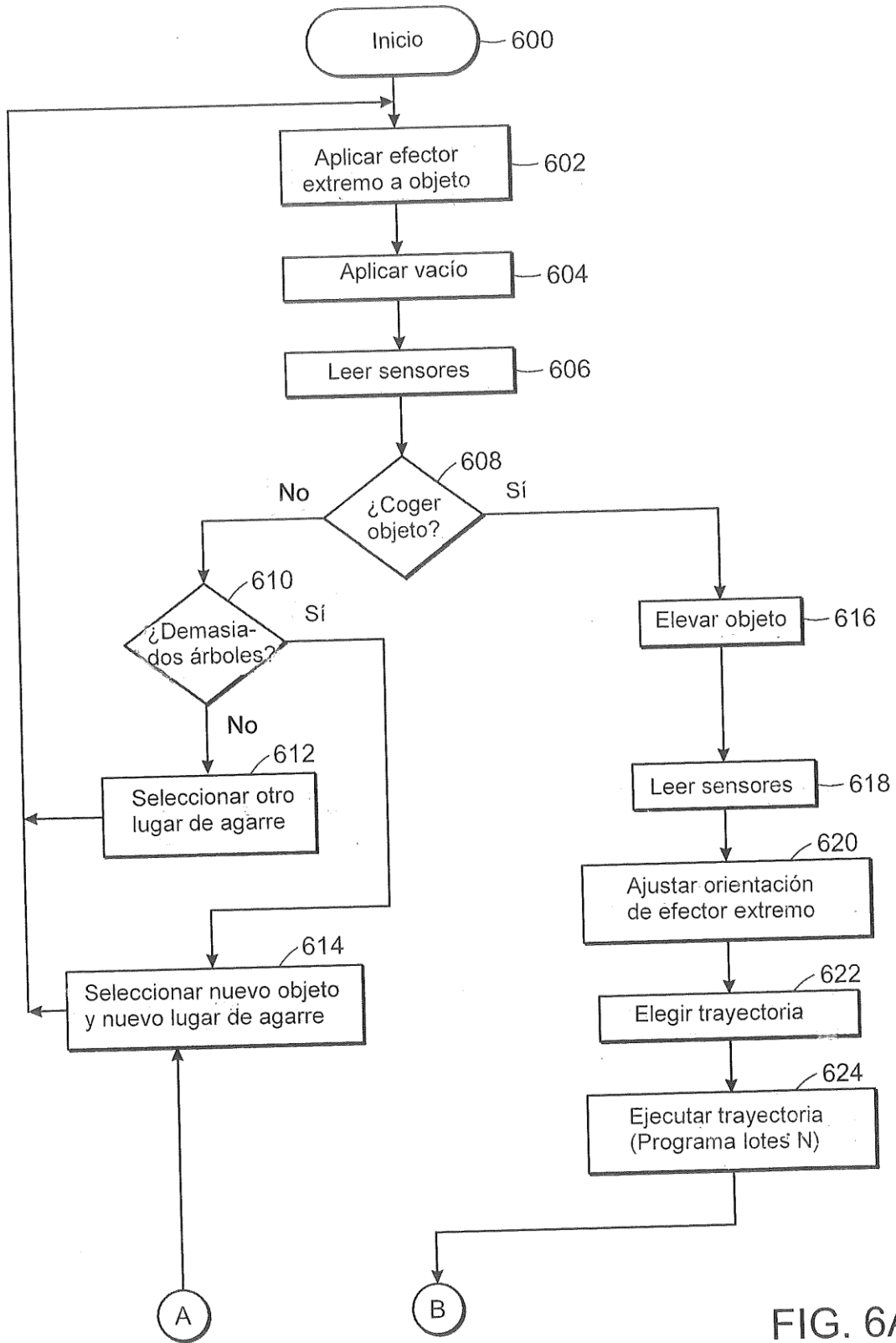


FIG. 6A

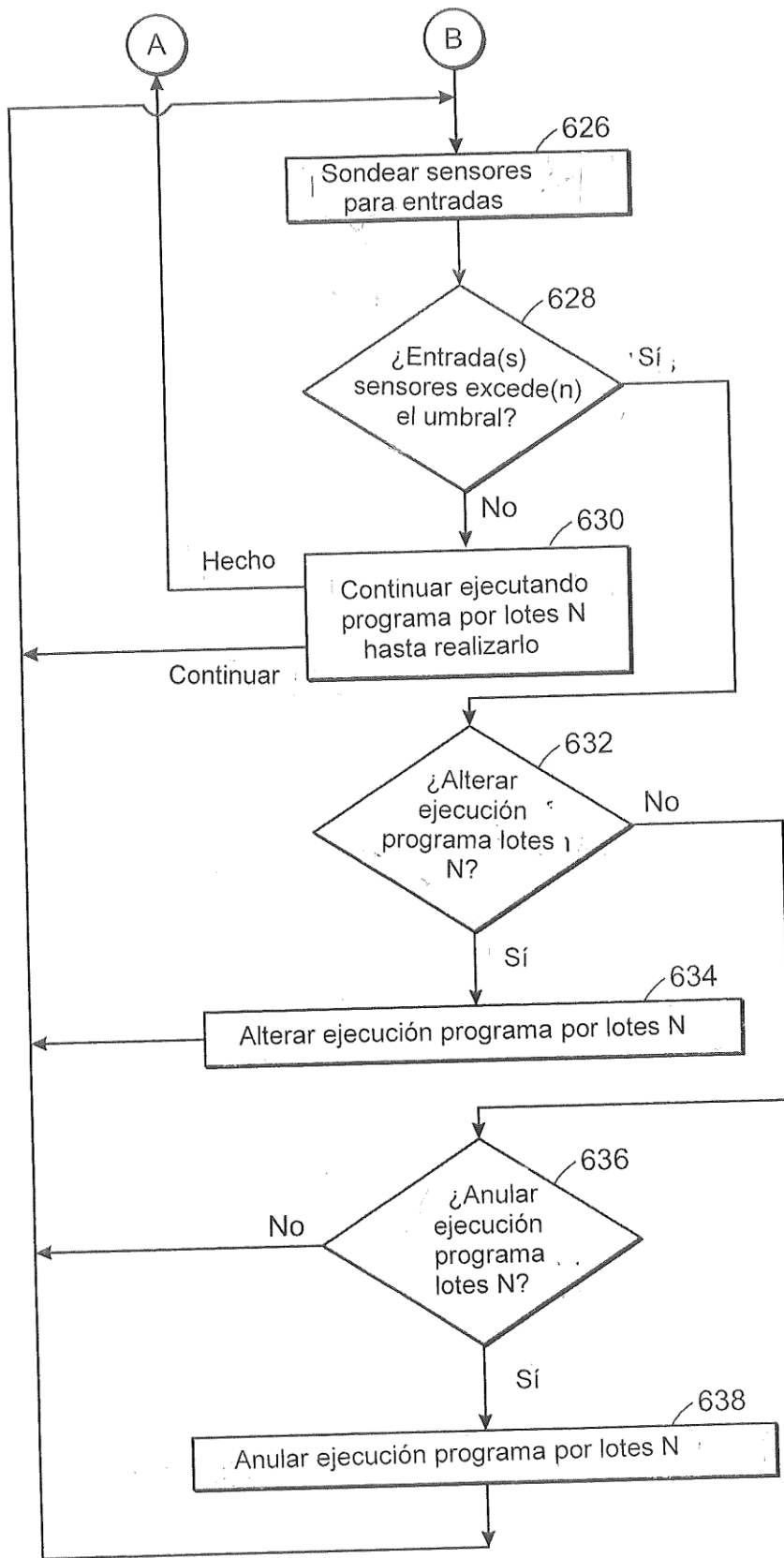


FIG. 6B

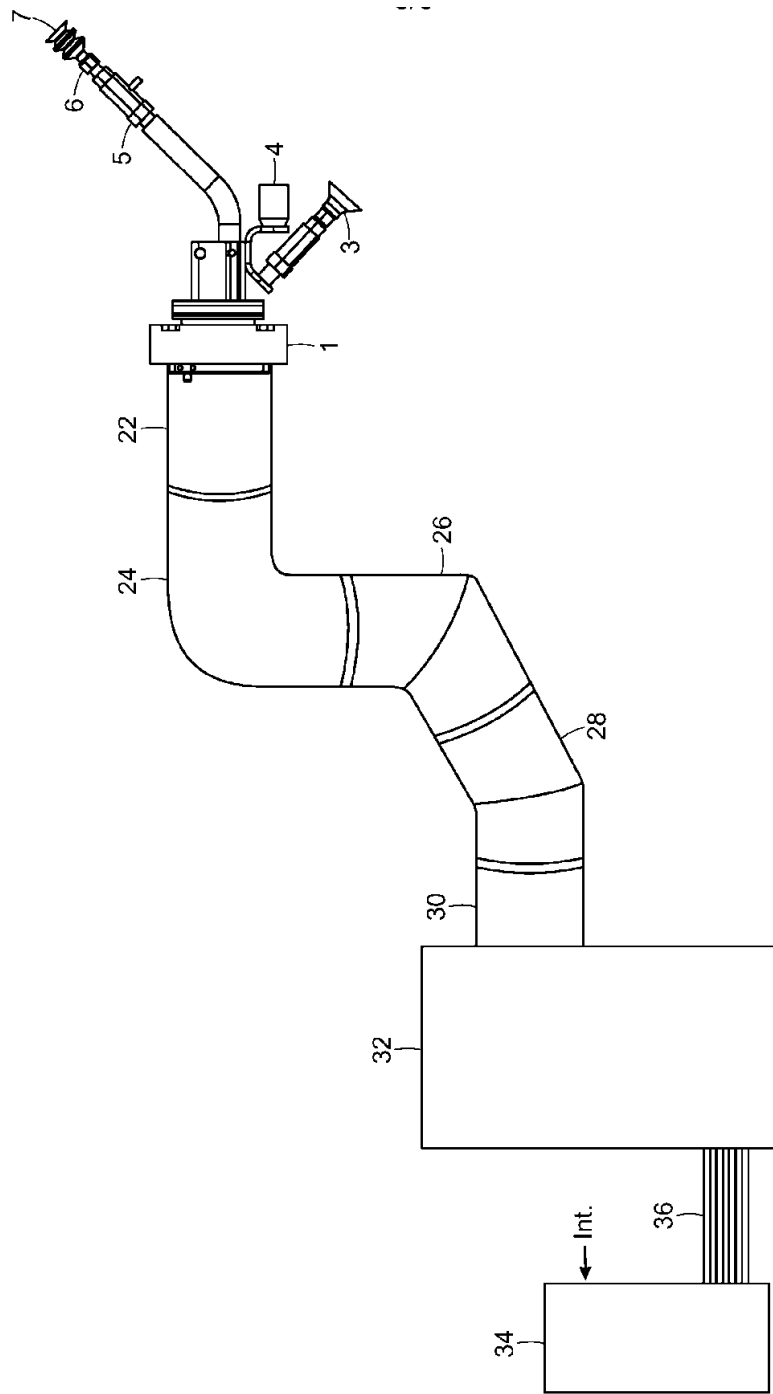


FIG. 7

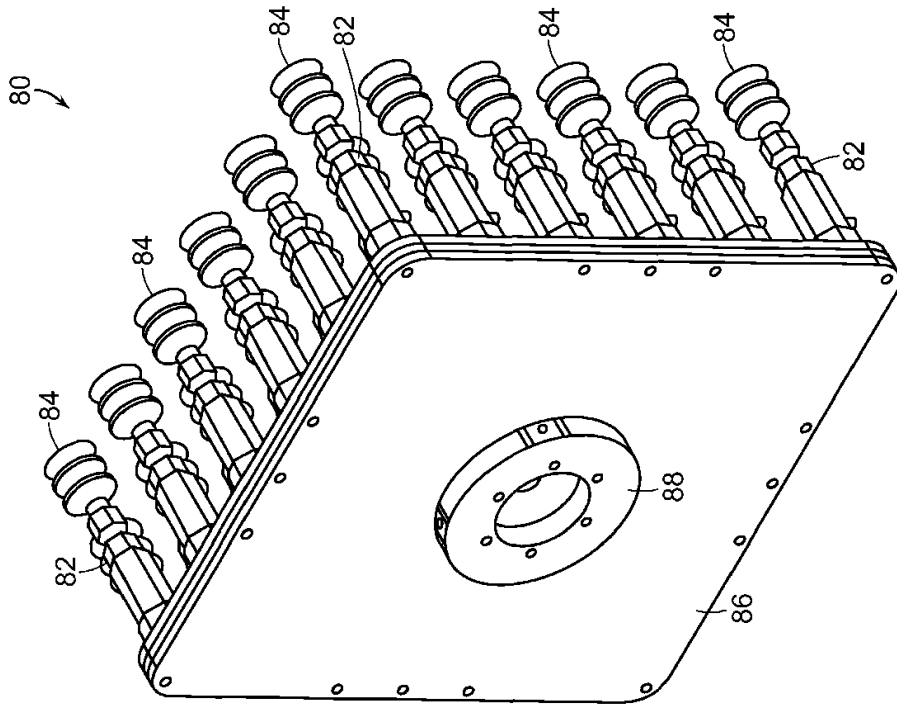


FIG. 8B

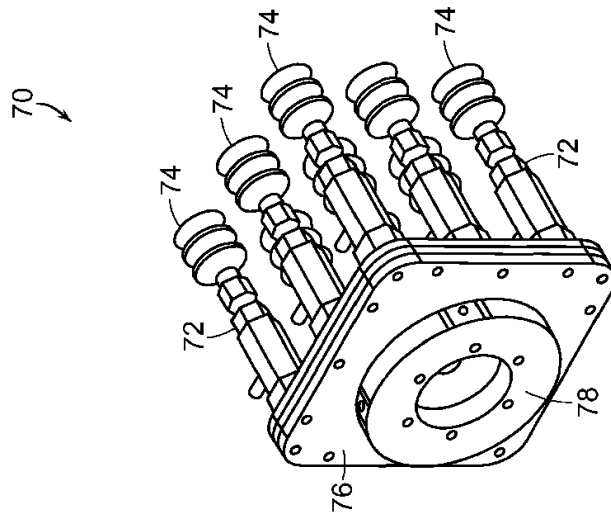


FIG. 8A