

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 388 804**

51 Int. Cl.:
G05B 19/416 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **08797874 .8**
- 96 Fecha de presentación: **14.08.2008**
- 97 Número de publicación de la solicitud: **2217979**
- 97 Fecha de publicación de la solicitud: **18.08.2010**

54 Título: **Procedimiento y sistema para satisfacer condiciones terminales en un sistema de control de movimiento**

30 Prioridad:
21.10.2007 US 875911

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
18.10.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
18.10.2012

73 Titular/es:
**GE INTELLIGENT PLATFORMS, INC.
ROUTE 29 NORTH AND HIGHWAY 606
CHARLOTTESVILLE, VA 22911, US**

72 Inventor/es:
**MILLER, Daniel, H. y
MORRISON, William, Lindsay**

74 Agente/Representante:
Carpintero López, Mario

ES 2 388 804 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

Procedimiento y sistema para satisfacer condiciones terminales en un sistema de control de movimiento

Antecedentes de la invención

Campo de la invención

- 5 La materia descrita en el presente documento versa, en general, acerca de un sistema y un procedimiento para satisfacer condiciones terminales determinadas por un procedimiento de planificación de recorrido de tiempo continuo para sistemas de control de movimiento, y más en particular acerca de planificadores de recorrido.

Técnica relacionada

- 10 Normalmente, los planificadores de recorrido o generadores de recorrido comprenden controladores de movimiento que son utilizados para controlar motores. Los motores que emplean una planificación de recorrido pueden encontrarse en diversos sistemas industriales tales como de fabricación, de montaje, de embalaje y otros capacidades. Normalmente, estos motores controlan los movimientos de elementos tales como brocas o brazos robóticos. Los generadores de recorrido determinan los movimientos de los elementos controlados. El documento US-A 5 070 287 divulga un sistema de control para operaciones mediante sistemas motorizados de accionamiento.

- 15 Los generadores de recorrido utilizan diversos algoritmos de recorrido cinético junto con controladores de tiempo discreto. El uso de controladores de tiempo discreto con algoritmos de planificación de recorrido de tiempo continuo crea problemas para satisfacer las condiciones terminales del plan de recorrido. El plan de recorrido comprende movimientos que son determinados de forma continua y no durante un periodo de muestreo. Un controlador de tiempo discreto está limitado a la salida de datos en un periodo predeterminado de muestreo. Un ejemplo de un problema que surge en la anterior situación es que el movimiento determinado puede ser una condición terminal tal como una instrucción para detenerse en un instante en el tiempo que ocurre antes del siguiente periodo de muestreo. Este problema puede tener como resultado que el controlador de tiempo discreto no dé instrucciones al motor de detenerse antes del siguiente periodo de muestreo, teniendo como resultado, posiblemente, que se siga un recorrido menos deseable que viole las restricciones del movimiento, por ejemplo.

- 25 Los anteriores generadores de recorrido implementaban un esquema de compensación que alteraba las condiciones iniciales al inicio de la desaceleración, de forma que se alcanzarían las condiciones terminales en un periodo homogéneo de muestreo, por ejemplo, cada 5 ms. Aunque es deseable de cara al cálculo, no es deseable para la aplicación del controlador dado que introduce un cambio no controlado de etapa a la salida en ese instante. Esto crea una discontinuidad en el recorrido planeado. De forma similar, otros esquemas conocidos de compensación temporal no son deseables debido a aumentos significativos de la carga de cálculo.

- 30 En consecuencia, existe una necesidad de un esquema mejorado más preciso de compensación temporal cuando se utiliza una planificación de recorrido de tiempo continuo con un controlador de tiempo discreto para satisfacer condiciones terminales.

Breve resumen de la invención

- 35 La presente invención proporciona un procedimiento para satisfacer condiciones terminales de un plan de recorrido como se define en la reivindicación 1 y un sistema como se define en la reivindicación 3.

- Una realización de la invención es un sistema y un procedimiento para satisfacer condiciones terminales de un plan de recorrido que implementa un generador de recorrido que genera continuamente instrucciones para un plan de recorrido mientras que hace un seguimiento del tiempo total transcurrido para el plan de recorrido. El generador de recorrido calcula el tiempo restante en el plan de recorrido y sustituye el tiempo restante por la duración del periodo final de muestreo cuando la duración de tiempo restante es menor que la duración de un periodo completo de muestreo.

Breve descripción de los dibujos

- 45 La **FIG. 1** es un diagrama esquemático de un sistema de control que implementa un plan de recorrido según el procedimiento de una realización de la invención.

La **FIG. 2** es una representación gráfica apilada de los siete segmentos de un tipo de movimiento básico generado por el plan de recorrido de la **FIG. 1**.

La **FIG. 3** es una representación gráfica de aceleración y velocidad con respecto al tiempo que se aproxima al final del plan de recorrido.

- 50 La **FIG. 4** es una vista ampliada de la **FIG. 3**.

La FIG. 5 es un procedimiento según una realización de la invención para que un generador de recorrido satisfaga las condiciones terminales de un plan de recorrido.

Descripción detallada de la invención

5 Una realización de la presente invención incluye un procedimiento y un sistema para planificar un recorrido utilizando un plan de recorrido continuo implementado en un controlador de tiempo discreto.

10 Con referencia ahora a la FIG. 1, se muestra un diagrama de bloques de un sistema 1 de movimiento de tipo controlador automático programable (PAC) para la planificación de recorrido según una realización de la presente invención. El sistema 1 de PAC incluye un controlador 9 de movimiento de tipo sistema de PAC, un bloque terminal 5 de fibra del módulo de movimiento de tipo sistema de PAC (PMM) y una placa base (PMM) 2 que consiste en un subsistema 3 de microprocesador. La placa base PMM incluye, además, varios subsistemas que incluyen un generador 4 de recorrido. El generador 4 de recorrido es un subsistema de soporte lógico inalterable que se ejecuta en el microprocesador 3 que está dedicado a una planificación de recorrido. Otros subsistemas de soporte lógico inalterable que soportan las funciones de la placa base PMM incluyen un bus 6 de comunicaciones, tal como una tarjeta base PCI, y otras funciones asociadas de soporte de *hardware*.

15 El bloque terminal 5 de fibra PMM incluye un subsistema de matriz de puertas de campo programable (FPGA) que incluye módulos 7 de entrada/salida (módulo I/O). Aunque solo se muestra un módulo I/O en la FIG. 1, el sistema de PAC puede incluir múltiples módulos I/O, por ejemplo, un módulo I/O para conectarse con un motor, o un módulo I/O para recibir diversas señales de estado, de alarma, o de entrada procedentes de los dispositivos. Los módulos I/O están acoplados a dispositivos de entrada y de salida.

20 El sistema de movimiento de PAC también incluye una placa 8 de servocontrol PMM. La placa 8 de servocontrol puede ser una placa dependiente que está albergada en el módulo de control de movimiento (PMM). La placa de servocontrol sirve de controlador de movimiento para los elementos controlados tales como brazos robóticos, por ejemplo.

25 El generador 4 de recorrido se ocupa de una generación de recorrido. Generación de recorrido hace referencia a la derivación de una trayectoria ordenada en tiempo real entre una posición inicial y una posición objetivo. Según una realización de la presente invención, el generador 4 de recorrido define el recorrido de tiempo mínimo entre una posición inicial y una posición objetivo sin violar los valores de instrucción de entrada suministrados por el usuario. El generador de recorrido proporciona un perfil de recorrido en base a parámetros especificados de movimiento. Los parámetros especificados de movimiento incluyen las siguientes entradas de instrucciones: posición terminal, máxima velocidad, máxima aceleración, máxima desaceleración, y la vibración ordenada. Las condiciones iniciales de un movimiento están definidas por el estado actual del generador de recorrido, haciendo que la posición inicial, la velocidad inicial, la aceleración inicial, y la vibración inicial sean valores conocidos.

30 La vibración está definida como la tasa de cambio de aceleración o la pendiente de aceleración. Por lo tanto, vibración es la derivada de la aceleración y es una variable importante en muchas aplicaciones en las que se requiere un arranque suave. El control de vibración también es importante para reducir el desgaste de la máquina. Las ecuaciones cinemáticas para generar recorridos de vibración constante desde una posición inicial hasta una posición final sujeta a restricciones de aceleración, de desaceleración, y de velocidad son bien conocidas. Por lo tanto, los valores conocidos indicados anteriormente junto con las ecuaciones cinemáticas forman un conjunto de ecuaciones que pueden ser solucionadas entonces para las incógnitas para producir la trayectoria deseada.

35 Las ecuaciones cinemáticas interdependientes pueden ser solucionadas antes de llevar a cabo cualquier movimiento en base a las variables conocidas/desconocidas. Este procedimiento, aunque supone un reto algebraico y numérico, tiene como resultado una solución. En una realización preferente, el microprocesador utiliza un modo de vibración constante para calcular el plan de recorrido en tiempo real. En otras palabras, vibración es la variable controlada, y la aceleración y la velocidad son valores máximos.

40 En una realización de la presente invención, el generador 4 de recorrido incluye un procedimiento de generación de trayectoria de dos fases que divide un movimiento en dos fases. En la primera fase, se dan instrucciones de aceleración o desaceleración para que el movimiento alcance una velocidad constante. En la segunda fase, el generador de recorrido monitoriza constantemente el movimiento en curso para determinar el instante en el que debe comenzar la desaceleración para alcanzar la posición objetivo o las condiciones finales deseadas. La generación de trayectoria de dos fases se lleva a cabo antes de cualquier movimiento.

45 Con referencia ahora a la FIG. 2, se muestra una representación gráfica de una instrucción de recorrido con respecto al tiempo en una escala de tiempo común que fue generada utilizando el procedimiento de dos fases. Además, la FIG. 2 ilustra un movimiento básico en el que se requieren siete segmentos para completar el movimiento. Más específicamente, los siete segmentos incluyen tres segmentos en la primera fase, un segmento de velocidad constante, y tres segmentos en la segunda fase. En la FIG. 2, la vibración es constante en cada segmento. Este movimiento de dos fases con un segmento de velocidad constante tiene como resultado un movimiento punto a punto en el que todas las variables no controladas alcanzan valores máximos. La velocidad, la

aceleración, y la desaceleración alcanzan todas sus valores máximos. La Tabla 1 describe cada segmento y sus aspectos exclusivos.

Tabla 1:

Número de segmento	Descripción
1	Segmento de vibración constante que utiliza la vibración especificada para controlar el aumento de la tasa de aceleración. El segmento termina una vez que o bien se alcanza la máxima aceleración constante y la vibración cambia a cero, o bien es necesario reducir la tasa de aceleración para satisfacer las condiciones terminales deseadas.
2	Segmento de vibración nula/aceleración constante en el que la aceleración constante es el valor máximo suministrado. El segmento termina cuando es necesario ordenar una vibración constante para reducir la aceleración para alcanzar bien la velocidad máxima especificada pro el usuario o bien un valor inferior al máximo requerido para que el movimiento satisfaga las condiciones terminales deseadas.
3	Segmento de vibración negativa constante que utiliza la vibración especificada para controlar la reducción en la tasa de aceleración. El segmento termina una vez que la aceleración y la vibración son nulas y bien se alcanza la velocidad constante máxima especificada o bien se satisface la velocidad máxima necesaria para alcanzar las condiciones terminales.
4	Segmento de vibración nula, de aceleración nula, y de velocidad constante. El segmento termina cuando es necesario ordenar una vibración constante negativa para desacelerar para alcanzar la posición deseada
5	Segmento de vibración negativa constante que utiliza la vibración especificada para controlar el aumento de la tasa de desaceleración. El segmento termina una vez se alcanza la desaceleración constante y la vibración se vuelve nula o es necesario reducir la tasa de desaceleración para satisfacer las condiciones terminales deseadas.
6	Segmento de vibración nula, de desaceleración constante en el que se suministra la desaceleración constante. El segmento termina cuando es necesario ordenar una vibración para reducir la tasa de desaceleración para alcanzar las condiciones terminales deseadas.
7	Segmento de vibración constante que utiliza la vibración especificada para controlar la reducción en la tasa de desaceleración. El segmento termina una vez el movimiento alcanza las condiciones terminales deseadas.

5 Se puede utilizar un movimiento controlado de vibración pero no es necesario. Se puede utilizar el procedimiento de la presente invención utilizando cualquier movimiento controlado cuando se determinan los tiempos de los movimientos. Se conoce la trayectoria ideal de recorrido y puede encontrarse en algún punto entre los dos periodos de muestreo. Para que se satisfagan las condiciones terminales, el generador de recorrido debe compensar la diferencia entre el tiempo final del plan de recorrido y el periodo de muestreo durante el cual se ordenan los movimientos al controlador de movimiento.

10 Por ejemplo, con referencia ahora a la **FIG. 3**, se muestra una representación gráfica de aceleración y velocidad con respecto al tiempo que se aproxima al final de un plan de recorrido de muestra. Los valores de tiempo indicados en la **FIG. 3** son únicamente de ejemplo y no limitan la invención. El gráfico que representa la aceleración con respecto al tiempo ilustra un segmento de vibración nula, de desaceleración constante en el que se suministra la desaceleración constante aproximadamente entre 141,1 y 141,4 microsegundos. El segmento termina cuando es necesario ordenar una vibración para reducir la tasa de desaceleración para alcanzar las condiciones terminales deseadas. Se muestra un segmento de vibración constante comenzando después de 141,4 microsegundos utilizando la vibración especificada para controlar el descenso en la tasa **10** de desaceleración. El segmento termina una vez que el movimiento alcanza las condiciones terminales deseadas. T_f representa el punto final en un periodo de muestra para el plan de recorrido. Además, el gráfico que representa la velocidad con respecto al tiempo ilustra la velocidad del movimiento aproximándose a cero metros por segundo aproximándose al final del plan **15** de recorrido. En este ejemplo, las condiciones terminales finales requieren que el movimiento se detenga entre 141,4 y 141,5 microsegundos. El gráfico que representa la posición con respecto al tiempo muestra la posición de un elemento controlado en el punto de detención.

25 Con referencia ahora a la **FIG. 4**, se muestra una vista ampliada de la representación gráfica de la **FIG. 3**. Los valores de tiempo indicados en la **FIG. 4** son únicamente de ejemplo y no limitan la invención. La **FIG. 4** muestra un

movimiento que llega a su punto de detención entre los periodos de muestreo. Aunque se utiliza un periodo (s) de muestreo de un microsegundo, también se pueden utilizar otros tiempos de muestreo. El gráfico **35** muestra la aceleración que se aproxima a 0 m/s^2 una vez que el movimiento alcanza las condiciones terminales deseadas entre 141,492 y 141,493 cerca de 141,492 microsegundos. T_r representa el tiempo restante en el plan de recorrido y t_f representa el punto final en un periodo de muestreo para el plan de recorrido. Además, el gráfico que representa la velocidad con respecto al tiempo ilustra la velocidad del movimiento que se aproxima a 0 m/s aproximándose al final del plan **30** de recorrido. El gráfico que representa la posición con respecto al tiempo muestra la posición de un elemento controlado en el punto **26** de detención.

Con referencia ahora a la **FIG. 5**, se muestra un procedimiento **20** para un generador de recorrido para satisfacer las condiciones terminales de un plan de recorrido derivado de cualquier algoritmo de planificación continua de recorrido, incluyendo el descrito anteriormente. El generador de recorrido calcula el tiempo deseado cuando el recorrido alcance las condiciones terminales en tiempo real. El generador de recorrido no está limitado por el periodo de muestreo discreto del controlador de tiempo discreto utilizado para regular la sincronización del momento en el que salen las instrucciones hacia los elementos controlados. El generador de recorrido genera las instrucciones de movimiento para el recorrido y el controlador de tiempo discreto emite las instrucciones **21**. El generador de recorrido realiza un seguimiento del tiempo total transcurrido en el plan **22** de recorrido y calcula el tiempo restante en el plan de recorrido. Si el tiempo restante es menor que un periodo completo **23** de muestreo, el generador de recorrido sustituirá la durante del tiempo restante por la duración de un periodo completo de muestreo en el algoritmo **24** de planificación de recorrido. El generador de recorrido satisface las condiciones terminales del plan de recorrido al calcular valores finales al tratar el tiempo resultante como el periodo final de muestreo, de forma que el controlador de tiempo discreto emitirá la instrucción para las condiciones terminales a un elemento controlado **25**. Además, los valores terminales calculados por el procedimiento descrito son comprobados con las condiciones terminales finales del movimiento. La comprobación verifica que se completó el movimiento con éxito y que todos los cálculos fueron correctos en cuanto a las condiciones terminales.

El procedimiento y el sistema para satisfacer las condiciones terminales en un sistema de control de movimiento, como se describen en el presente documento y se muestran en las figuras adjuntas, son únicamente ilustrativos. Aunque solo se han descrito pocas realizaciones de la invención con detalle en la presente divulgación, los expertos en la técnica que examinen la presente divulgación apreciarán inmediatamente que son posibles muchas modificaciones (por ejemplo, variaciones en los tamaños, las dimensiones, las estructuras, las formas y las proporciones de los diversos elementos, en los valores de los parámetros, en las disposiciones de montaje, en el uso de materiales, en las orientaciones, etc.) sin alejarse materialmente de la materia enumerada en las reivindicaciones adjuntas. En consecuencia, se pretende que todas las modificaciones de ese tipo estén incluidas dentro del alcance de la presente invención según se define en las reivindicaciones adjuntas. Se puede variar el orden o la secuencia de cualquier etapa de proceso o de procedimiento o puede variarse el orden de su secuencia según realizaciones alternativas. En las reivindicaciones, se pretende que cualquier cláusula de medios más funciones abarque las estructuras descritas en el presente documento en la medida en que lleve a cabo la función enumerada y no solo equivalentes estructurales sino también estructuras equivalentes. Se pueden llevar a cabo otras sustituciones, modificaciones, cambios y omisiones en el diseño, en las condiciones operativas y en la disposición de las realizaciones preferentes y otras ejemplares sin alejarse de la invención según se expresa en las reivindicaciones adjuntas. Por lo tanto, el alcance técnico de la presente invención abarca no solo aquellas realizaciones descritas anteriormente, sino que todas se encuentran dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para satisfacer condiciones terminales de un plan de recorrido, utilizando el procedimiento un generador (4) de recorrido, comprendiendo el procedimiento:
 - emitir instrucciones (21) de control desde el generador (4) de recorrido para un movimiento en un plan de recorrido;
 - caracterizado porque** el procedimiento comprende, además:
 - calcular el tiempo restante para completar el movimiento en dicho plan de recorrido;
 - determinar (23) si el tiempo restante es menor que la duración de un periodo de muestreo; y
 - calcular valores terminales al sustituir (24) dicho tiempo restante por la duración del periodo de muestreo cuando el tiempo restante es menor que el periodo de muestreo, de forma que el controlador de tiempo discreto emitirá la instrucción para las condiciones terminales a un elemento controlado.
2. Un procedimiento según la reivindicación 1, que comprende, además:
 - comprobar dichos valores terminales con las condiciones terminales finales del movimiento.
3. Un sistema para satisfacer condiciones terminales de un plan de recorrido, comprendiendo el sistema un generador (4) de recorrido dispuesto para:
 - generar instrucciones para un plan de recorrido;
 - caracterizado porque** el generador de recorrido está dispuesto, además, para:
 - calcular el tiempo restante para completar un movimiento en dicho plan de recorrido;
 - determinar si el tiempo restante es menor que la duración de un periodo de muestreo; y
 - calcular valores terminales al sustituir dicho tiempo restante por la duración del periodo de muestreo cuando el tiempo restante es menor que el periodo de muestreo, de forma que el controlador de tiempo discreto emitirá la instrucción para las condiciones terminales a un elemento controlado.
4. El sistema de la reivindicación 3, en el que dicho generador (4) de recorrido es un subsistema de soporte lógico inalterable de un microprocesador (3); y dicho subsistema generador de recorrido está dedicado a una planificación de recorrido.
5. El sistema de la reivindicación 3, en el que el sistema es un controlador automático dispuesto para satisfacer condiciones terminales de un plan de recorrido, comprendiendo además el sistema:
 - un bloque terminal (5) de fibra que comprende un subsistema de matriz de puertas de campo programable;
 - al menos un módulo (6, 7) de entrada/salida;
 - un servocontrolador (8); y
 - un generador (4) de recorrido.
6. El sistema de la reivindicación 3, estando dispuesto el generador (4) de recorrido para comprobar dichos valores terminales con las condiciones terminales finales del movimiento.
7. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 3 a 6, que comprende, además, un controlador de tiempo discreto dispuesto para emitir una instrucción para las condiciones terminales a un elemento controlado (25).
8. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 3 a 7, que incluye un microprocesador (3) que comprende el generador (4) de recorrido.

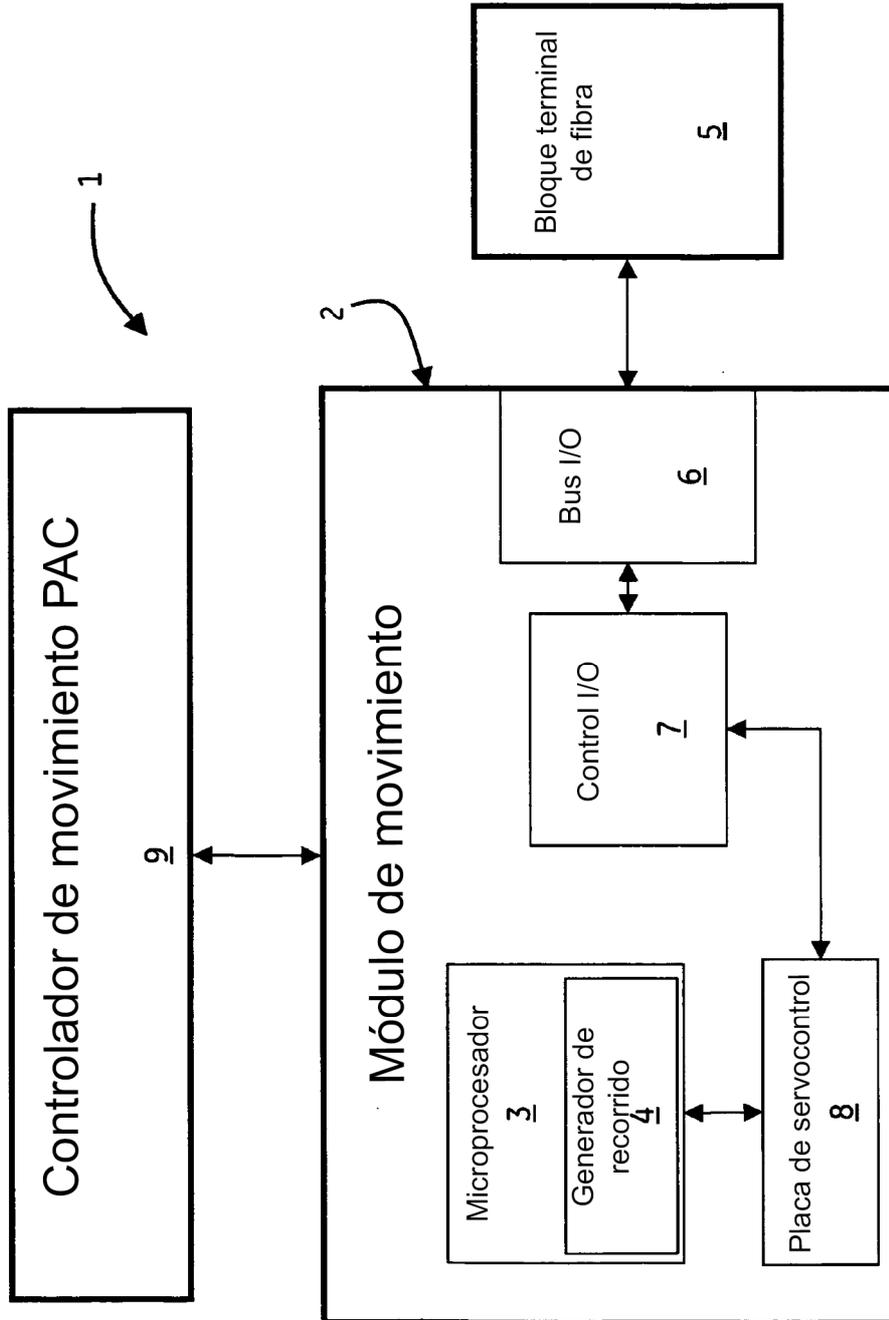


FIG. 1

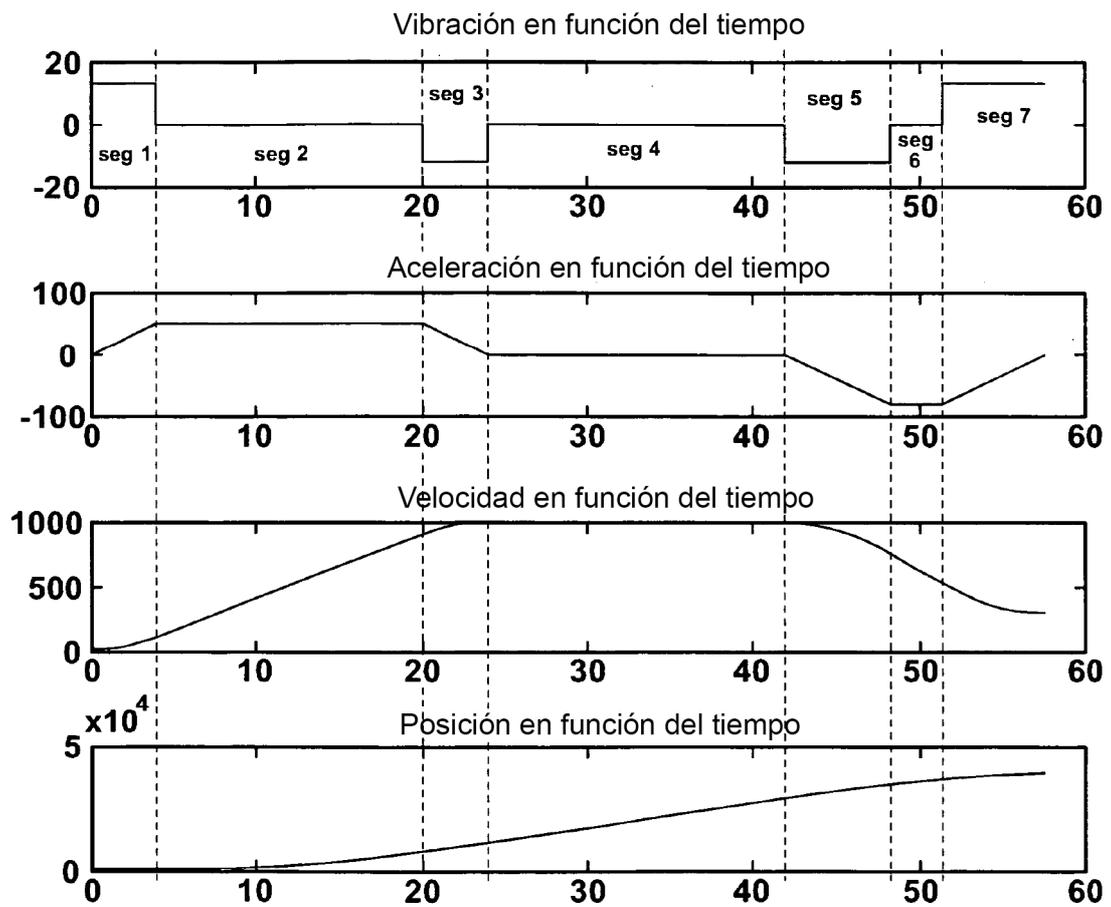


FIG. 2

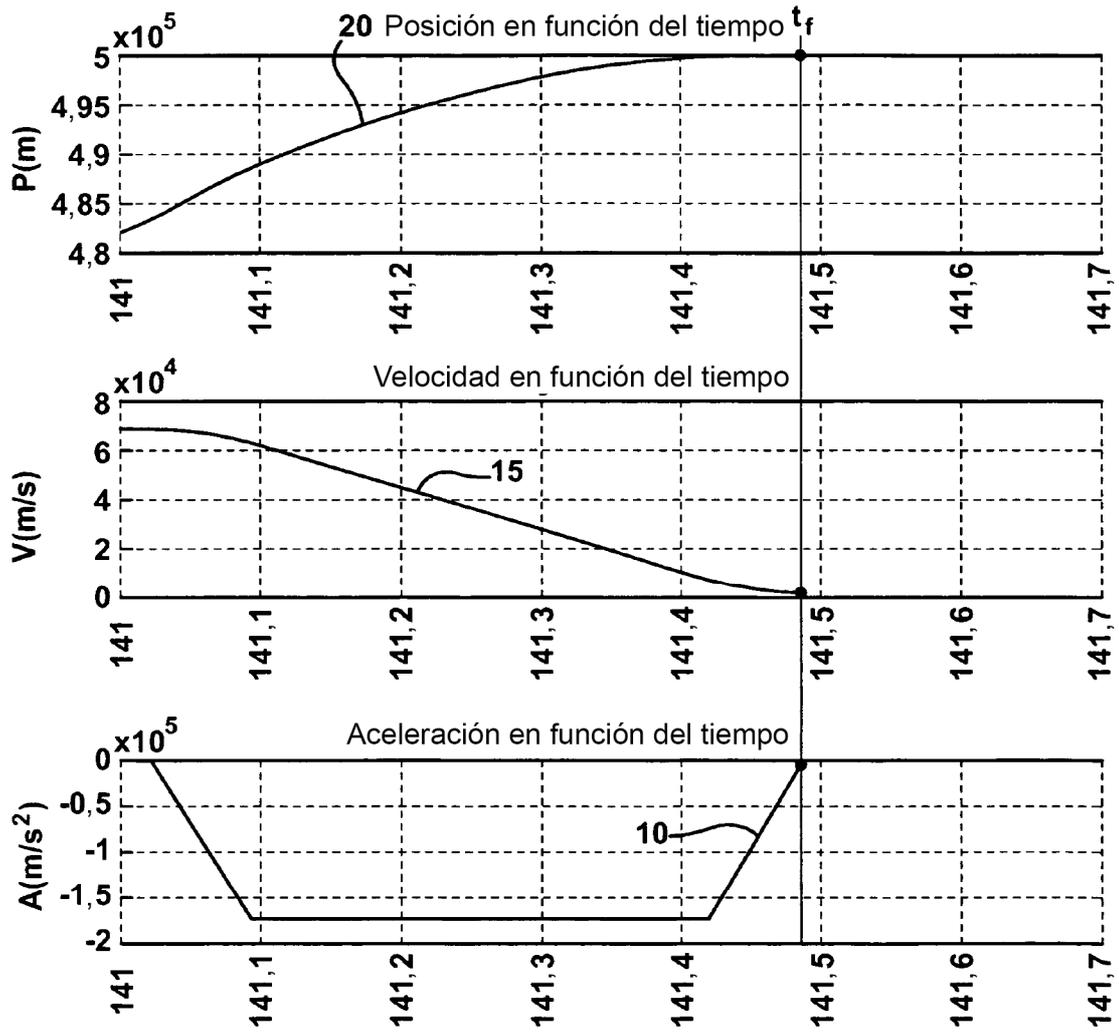


FIG. 3

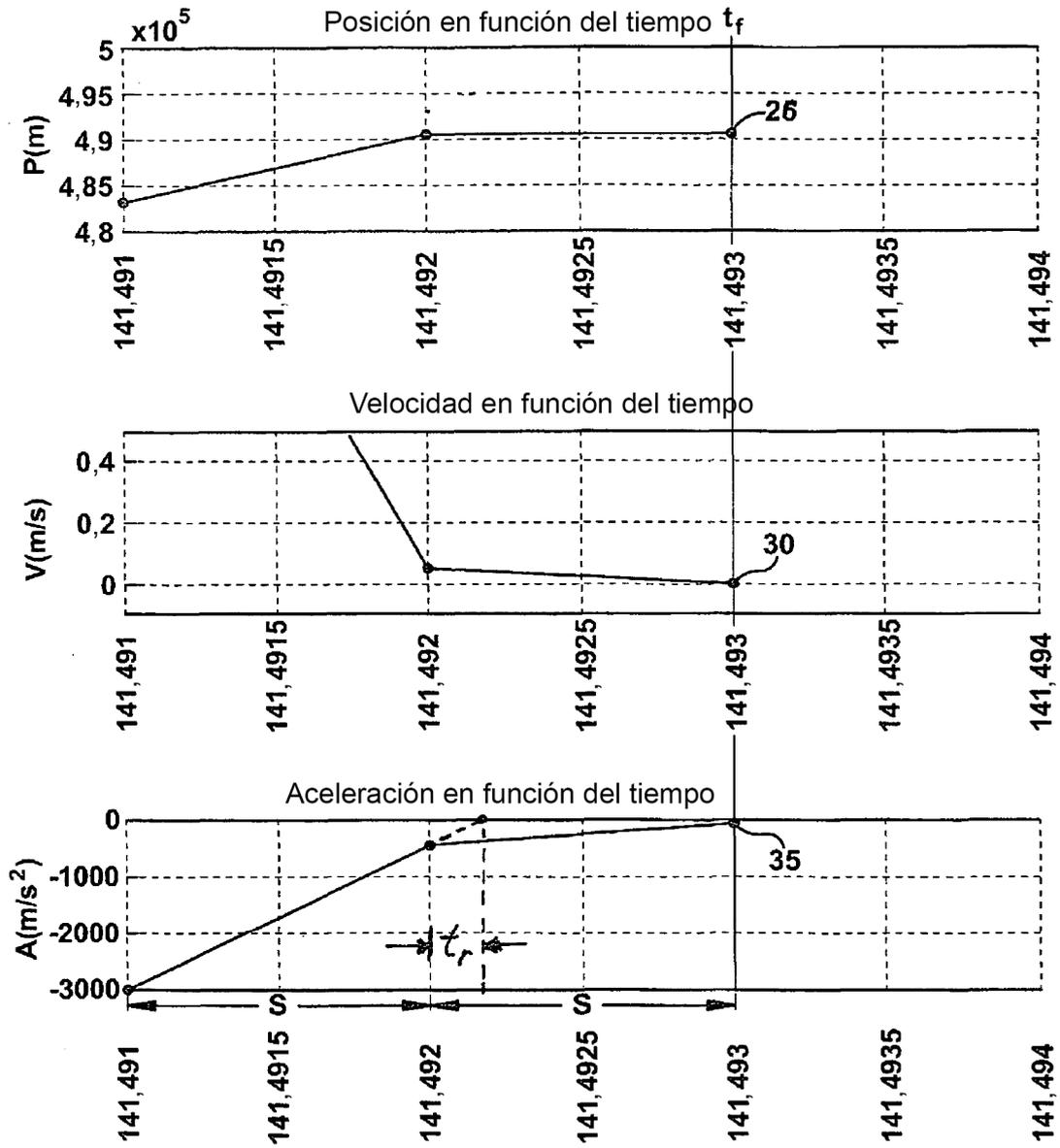


FIG. 4

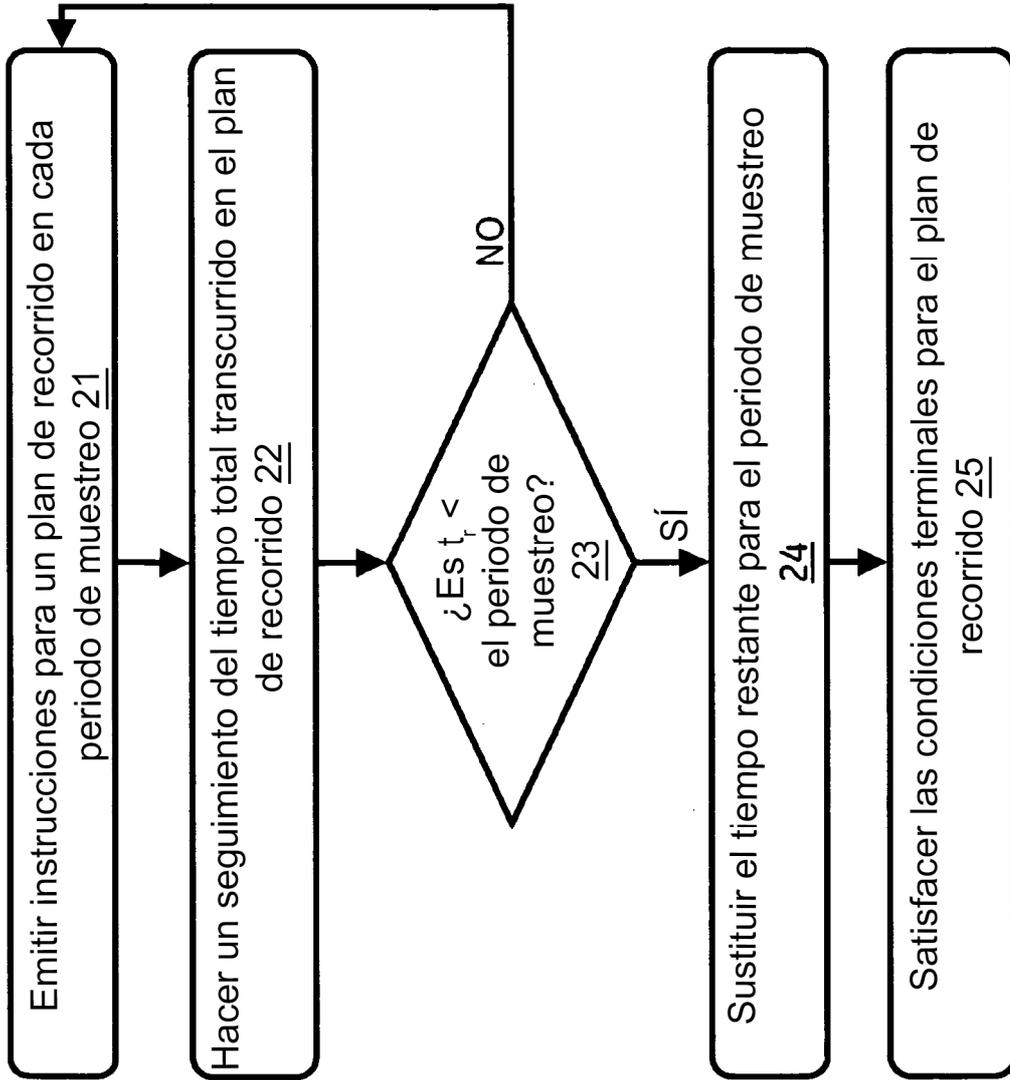


FIG. 5