

Fundamentos del Control de Movimientos

En este tutorial se exponen los fundamentos de un sistema de control de movimientos, incluyendo el software, el controlador de movimientos, el manejador (drive), el motor, los dispositivos de retroalimentación y las E/S.

Tabla de Contenidos

- Componentes de un Sistema de Control de Movimientos
- Software para Configurar, Hacer Prototipos y Desarrollar
- Controlador de Movimientos
- Tipos de Movimientos
- Amplificadores y Manejadores de Motores
- Motores y Elementos Mecánicos
- Dispositivos de Retroalimentación y E/S de Movimientos
- Descripción de la Arquitectura FlexMotion

Componentes de un Sistema de Control de Movimientos

La figura abajo muestra los diferentes componentes de un sistema de control de movimientos.

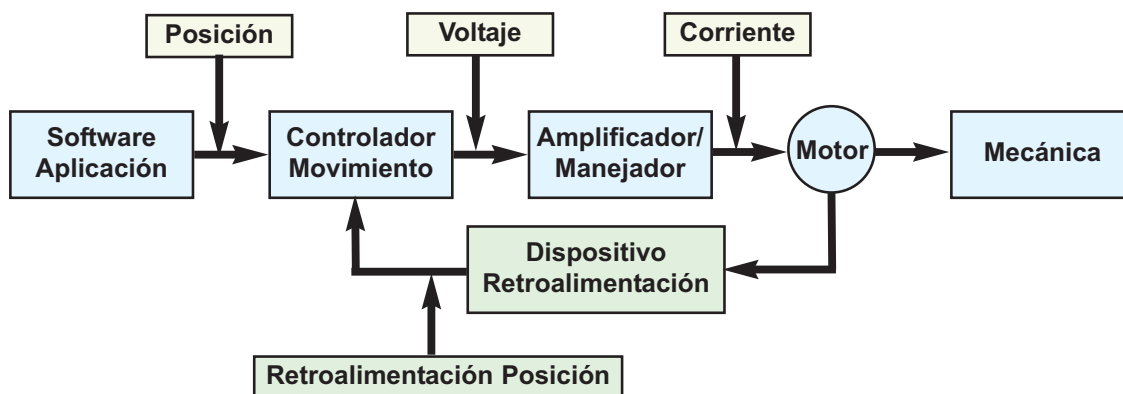


Figura 1: Componentes de un sistema de control de movimientos

Software de Aplicación: Se puede utilizar software de aplicación para comandar las posiciones a alcanzar y los perfiles de control de movimientos.

Controlador de Movimientos: El controlador de movimientos actúa como el cerebro del sistema tomando las posiciones a alcanzar y perfiles de movimientos y creando las trayectorias a seguir por los motores generando salidas en ± 10 V para los servomotores o los pulsos y la dirección para motores paso a paso.

Amplificador o manejador: Los amplificadores (también denominados manejadores) toman los comandos del controlador y generan la corriente requerida para mover el motor.

Motor: Los motores convierten energía eléctrica en energía mecánica y producen el torque requerido para moverse a la posición deseada.

Elementos Mecánicos: Los motores se diseñan para proveer el torque de algunos mecanismos. Estos incluyen reglas lineales, brazos robóticos y actuadores especiales.

Dispositivo de retroalimentación o sensor de posición: En algunas aplicaciones de control de movimientos no se requiere un dispositivo de retroalimentación (tal como el control de motores paso a paso) aunque es vital para los servomotores. Este dispositivo, usualmente un codificador de cuadratura, mide la posición del motor e informa el resultado al controlador, cerrando por consiguiente el lazo del controlador de movimientos.

Software para Configuración, Prototipos y Desarrollo

El software de aplicación se divide en tres categorías principales: configuración, prototipo y entorno de des-

basado en los movimientos que se configuraron. El principal beneficio del NI Motion Assistant reside en la diferencia entre los entornos configurables y programables. En los primeros se puede comenzar el desarrollo sin programar; las tareas disponibles en el NI Motion Assistant se pueden pensar como bloques preelaborados de código que simplemente se configuran para cubrir las necesidades. Los entornos programables, por otro lado, requieren la utilización de lenguajes de programación convencionales, tales como LabVIEW, C o Visual Basic para alcanzar los objetivos. Desafortunadamente, muchos entornos configurables pueden estar limitados en funcionalidad o en la habilidad para integrarse con otras E/S fuera de lo que son los movimientos. El NI Motion Assistant cierra la brecha entre los entornos programables y configurables ofreciendo todas las características de los sistemas configurables así como también la generación automática de código en LabVIEW.

Desarrollo

Luego de la etapa de elaboración del prototipo, el siguiente paso es el desarrollo del código final de la aplicación. Para esto, se utiliza software a nivel de manejador en un ADE, tal como LabVIEW, C o Visual Basic. En el caso de un controlador de movimientos National Instruments, se utiliza el software del manejador NI-Motion.

El software del manejador NI-Motion contiene funciones que permiten la comunicación con los controladores NI Motion en Windows o LabVIEW Real-Time. El NI-Motion también incluye el MAX para ayudar a configurar y ajustar fácilmente el sistema de movimientos.

Para sistemas que no son Windows, el usuario puede desarrollar un manejador propio usando el manual Motion Control Hardware DDK. En él se explica cómo comunicarse a bajo nivel con los controladores NI-Motion. Si el usuario no tiene la experiencia o el tiempo para desarrollar su propio manejador, la empresa Sensing Systems, National Instruments Alliance Partner, ofrece un manejador para Linux y VxWorks y puede crear manejadores para otros sistemas operativos, tales como Mac OS X o RTX.

Controlador de Movimientos

Un controlador de movimientos actúa como el cerebro del sistema de control de movimientos y calcula cada movimiento comandado de la trayectoria. Debido a que esta tarea es vital, a menudo se realiza en un procesador digital de señales (DSP) sobre la misma placa para prevenir interferencias con la computadora servidora (el usuario no desearía que el movimiento se pare porque el software antivirus comenzó a ejecutarse). El controlador de movimientos utiliza las trayectorias que calcula para determinar el comando de torque adecuado para enviar al amplificador del motor y producir el movimiento efectivo.

El controlador de movimientos también debe cerrar el lazo de control PID. Debido a que esto requiere un alto nivel de determinismo y es vital para una operación consistente, ese lazo se cierra corrientemente en la misma placa. Junto con el cierre del lazo de control, el controlador de movimientos también administra el control supervisorio mediante el monitoreo de los límites y las paradas de emergencia para asegurar una operación segura. Dirigiendo cada una de estas operaciones para que ocurran en la placa o en un sistema operativo de tiempo real asegura una gran confiabilidad, determinismo, estabilidad y la seguridad necesaria para crear un sistema de control de movimientos que trabaje.

Al final de este artículo se puede aprender más sobre la arquitectura FlexMotion de los controladores de National Instruments basados en DSP.

Calculando la Trayectoria

La trayectoria de movimiento describe la señal de salida de la placa controladora o el comando hacia el manejador/amplificador, resultando en una acción de motor/movimiento que sigue el perfil. El control de movimientos típico calcula los segmentos de la trayectoria del perfil de movimientos en base a los valores de parámetros que se programan. El controlador de movimientos usa la posición final buscada, la máxima velocidad a obtenerse y los valores de aceleración dados para determinar cuánto tiempo invertirá en los tres segmentos primarios de movimiento, los que incluyen aceleración, velocidad constante y desaceleración.

Para el segmento de aceleración de un perfil trapezoidal típico, el movimiento comienza a partir de una posición de parada, o del movimiento previo, y sigue una rampa de aceleración predeterminada hasta que la velocidad alcanza la velocidad buscada para el movimiento.

solo eje en LabVIEW usando la velocidad y la aceleración por defecto.

Movimiento Coordinado de Múltiples Ejes

Otro tipo de movimiento es el coordinado de múltiples ejes, o movimiento vectorial. Este movimiento es a menudo punto a punto, pero en el espacio 2D o 3D. El movimiento sectorizado requiere las posiciones finales sobre los ejes X, Y y/o Z. El controlador de movimientos también necesita algún tipo de velocidad y aceleración vectorial. Este perfil de movimientos es usualmente hallado en aplicaciones del tipo XY, tales como el digitalizado (scanning) o microscopía automatizada. El diagrama siguiente muestra cómo alcanzar un movimiento de dos ejes usando LabVIEW. Para mayor información sobre movimiento coordinado, el lector puede ver los ejemplos en la biblioteca *LabVIEW Multiaxis.llb* del manejador NI-Motion.

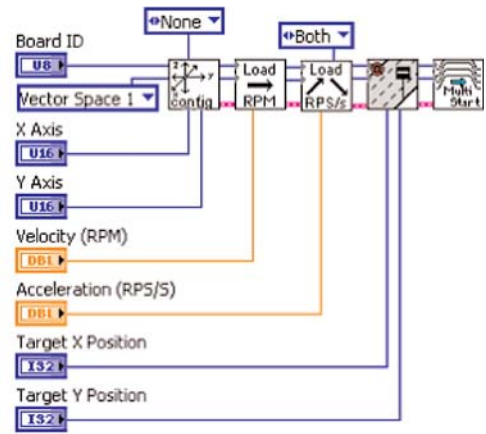


Figura 7: Movimiento coordinado de ejes múltiples en LabVIEW.

Movimiento Combinado (Blended)

El movimiento combinado involucra dos movimientos fusionados juntos por una combinación que hace que el movimiento se comporte como uno solo. El combinado requiere dos movimientos y un factor de combinación que especifica el tamaño de la misma. La combinación es útil para aplicaciones que requieren movimiento continuo entre dos movimientos diferentes. Sin embargo, en el movimiento combinado, el sistema no pasa a través de todos los puntos de la trayectoria original. Si la posición específica a lo largo de la trayectoria es importante para el usuario, es necesario considerar el movimiento de contorno (contouring).

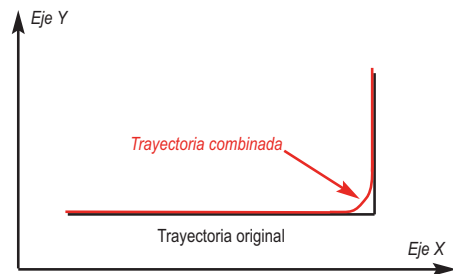


Figura 8: Movimiento combinado.

La figura siguiente explica el movimiento combinado entre dos movimientos vectoriales en LabVIEW. Para mayor información acerca de este tipo de movimientos, el lector puede ver el ejemplo de programa *Sequence of Blended Vector Moves* en el software de manejador NI-Motion.

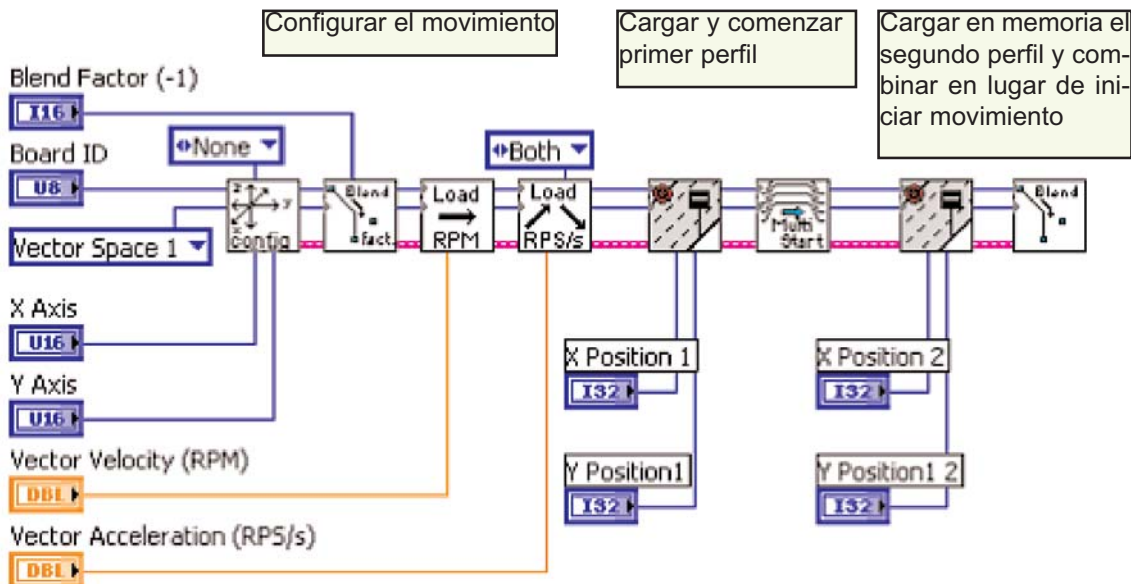


Figura 9: Movimiento combinado en LabVIEW.

Movimiento Contorneado

Con el contorno, se puede proporcionar un buffer de posiciones y crear una trayectoria suave o una interpolación polinómica a trazos (spline) a través de las mismas. El contorno tiene una ventaja sobre el movimiento combinado ya que garantiza que el sistema pasará a través de cada una de las posiciones.

Amplificadores y Manejadores de Motores

El amplificador o manejador del motor es una parte del sistema que toma los comandos del controlador de movimientos en la forma de señales de voltaje analógicas con baja corriente y las convierte en señales de alta corriente para mover el motor. Los manejadores de motor vienen en muchas diversas maneras y se ajustan al tipo específico de motor que deben mover. Por ejemplo, un manejador de motor paso a paso conecta motores paso a paso, no servomotores. Además de ajustarse a la tecnología del motor, el manejador también debe proporcionar la corriente de pico, la corriente continua y el voltaje correctos para mover el motor. Si el manejador provee demasiada corriente, se corre el riesgo de dañar el motor. Si el mismo provee muy poca corriente, el motor no alcanzará su máxima capacidad de torque. Si el voltaje es muy bajo, el motor no podrá girar a su máxima velocidad.

También debe considerarse cómo conectar el amplificador al controlador. Algunos fabricantes de motores venden manejadores que se conectan fácilmente a sus motores. National Instruments ofrece manejadores tanto para motores paso a paso de dos fases y servomotores de corriente continua con escobillas. Estos manejadores tienen borneras en las cuales se pueden conectar diversos motores. La figura siguiente muestra la diferencia entre los manejadores de motor NI.

Para conectar a manejadores y amplificadores de otros fabricantes, National Instruments ofrece la interface de movimiento universal (UMI), la estándar UMI-7764, con conexión mediante bornera, y la industrial UMI-7774, con E/S lógicas digitales de 24V y conector D-SUB.

Motores y Elementos Mecánicos

La selección del motor y el diseño mecánico es una parte crítica del diseño de un sistema de control de movimientos. Muchas compañías fabricantes de motores ofrecen asistencia para seleccionar el motor correcto, aunque es útil saber algunas cuestiones básicas acerca de motores antes de comenzar la búsqueda. La tabla siguiente describe diferentes tecnologías de motores.

Tipo de Motor	Pros	Contras	Aplicaciones
Paso a paso	Baratos, pueden funcionar en lazo abierto, buen torque inicial, ambientes limpios	Ruidosos y resonantes, bajo torque a alta velocidad, no sirve para ambientes calientes ni cargas variables	Posicionamiento, micro movimiento
Servos CC con escobillas	Baratos, velocidad moderada, buen torque final, manejadores simples	Requiere mantenimiento, no necesita ambientes limpios, chispas escobilla causa EMI y peligro en ambientes explosivos	Control de velocidad, control de posición de alta velocidad
Servos sin escobillas	Libres mantenimiento, larga vida útil, sin chispas, altas velocidades, ambientes limpios, silenciosos, trabajan bien	Caros y con manejadores complicados	Robótica, sujetar y colocar, aplicaciones de gran torque

Luego de determinar qué tecnología se desea utilizar, es necesario determinar el torque y la inercia del eje del motor. Para mayor información en el cálculo del torque del sistema, el lector puede leer el artículo *Motor Fundamentals* en zone.ni.com.

Algo más para considerar cuando se selecciona el motor y otros mecanismos es si un actuador comercial, tal como una transmisión, podría funcionar en su aplicación. Las transmisiones ofrecen potencia de transmisión para obtener movimientos rotatorios o lineales útiles sin que el usuario deba diseñarlas. Se pueden encontrar numerosos National Instruments Alliance Partners que ofrecen transmisiones en el *Stage Advisor* en ni.com/motion/advisors.

Dispositivos de Retroalimentación y E/S de Movimientos

Dispositivos de Retroalimentación

Los dispositivos de retroalimentación ayudan a que el controlador de movimientos conozca la ubicación del

- Control supervisorio: hace toda las secuencias de comandos y la coordinación
- Generador de trayectoria: Genera el perfil de movimiento al vuelo (ejes múltiples)
- Lazo de control: hace el control rápido, de lazo cerrado, con la posición, velocidad y mantenimiento de la trayectoria sobre múltiples ejes simultáneamente

La Figura 15 muestra los componentes del controlador de movimientos y cómo interactúan entre ellos.

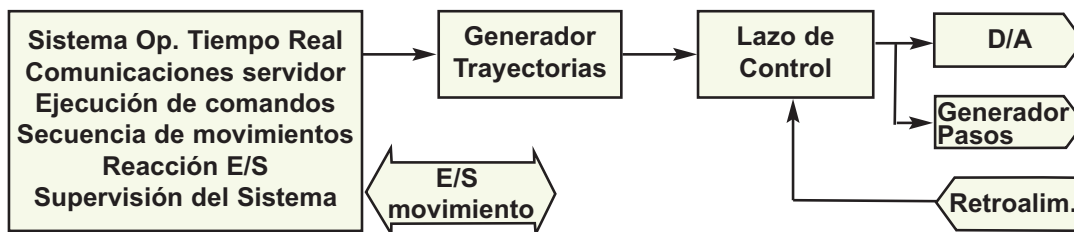


Figura 15: Componentes del control de movimientos y su interacción.

Los cuatro componentes de FlexMotion

Una placa FlexMotion incluye los siguientes cuatro componentes:

- *El microprocesador 68331*: microprocesador de 32 bits
- *El Procesador Digital de Señales (DSP)*: un DSP 2111 de Analog Devices de punto flotante (2185 en las placas 7344)
- *Los arreglos de compuertas de punto flotante (FPGAs)*: las FPGAs implementan el codificador de cuadratura y el generador de pulsos de los pasos (en el caso de FlexMotion-6C, se usa un Zilog para generar los pulsos de los pasos)
- *E/S de Movimientos*: E/S dedicadas para movimientos tales como fin de carrera, base, disparos de posición y captura de alta velocidad

La Figura 16 muestra la interacción entre los diferentes componentes de FlexMotion.

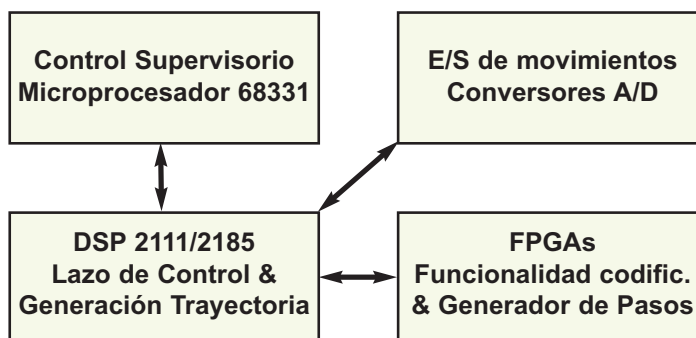


Figura 16: Interacción entre diferentes componentes de FlexMotion.

Detalles de los componentes FlexMotion

En estas secciones se describen los componentes de FlexMotion con mayor detalle.

El Microprocesador 68331

Este microprocesador posee las siguientes funciones:

- Corre el sistema operativo de tiempo real RTXC
- Administra toda la comunicación del bus (desde el servidor)
- Ejecuta hilos definidos por el usuario
- Realiza el "Hallar Base" y "Hallar Índice" para inicializar los sistemas de movimiento
- Administra todos los cálculos de los vectores espaciales
- Genera trayectorias esféricas y helicoidales