

Control de precisión de la parte servo-hidráulica utilizando NI LabVIEW FPGA y hardware PXI

Por el Dr. Martin Saxon - Product Technology Partners Ltd.



Artículo cedido por National Instruments
<http://sine.ni.com/cs/app/doc/p/id/cs-11354>

Diseño de un sistema de adquisición de datos y de control servo-hidráulico de bajo coste para máquinas de fabricación de pastillas farmacéuticas.

La utilización del hardware NI PXI y del software de programación gráfica LabVIEW permitió la creación de un prototipo de un sistema de control servo-hidráulico en menos de tres días, mejorando el rendimiento del sistema y reduciendo significativamente la complejidad y el costo del hardware y del software. De acuerdo a una comparativa del abanico de resultados erróneos, se puso de manifiesto que, con sólo dos días de esfuerzo en el desarrollo del software, los resultados del prototipo del controlador de prueba de LabVIEW FPGA superaron al controlador existente cuando trabajaba a carga completa.

La fabricación de pastillas farmacéuticas se realiza mediante máquinas que parecen, a primera vista, muy simples. En primer lugar, se rellena un dado con la cantidad correcta de polvo. A continuación, dos troqueladoras comprimen el polvo para formar la pastilla. Por último, la pastilla es expulsada de la parte superior del dado. En una típica máquina de fabricación, las levas mecánicas rotatorias controlan el movimiento de los troqueles.

La aparente simplicidad del proceso de fabricación esconde un amplio desarrollo del que las empresas farmacéuticas deben hacerse cargo para cada formulación con el fin de garantizar que la pastilla esté debida-

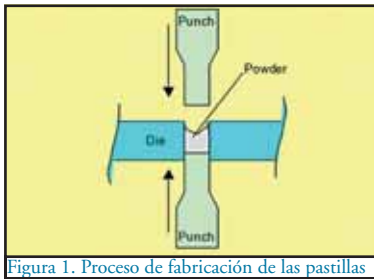


Figura 1. Proceso de fabricación de las pastillas

mente formada, los ingredientes activos no se desnaturalicen, la pastilla no se desintegre entre la formación y la ingestión y que se disuelva o se rompa en el momento correcto tras la ingestión. Para cumplir todos estos requisitos, se deben establecer las características principales del proceso de fabricación: la velocidad a la que la pastilla debe ser formada, los perfiles de las levas utilizados para controlar los troqueles y la distancia mínima entre las caras del troquel (que, por supuesto, determina el espesor de la tableta). Para hacer todo esto, las empresas farmacéuticas utilizan un simulador de compactación.

El simulador de compactación

En el simulador de compactación, un sistema de cilindros servo-hidráulicos de alto rendimiento en lugar de levas mecánicas controlan los troqueles. Con estos preparativos, los ingenieros pueden evaluar rápidamente diferentes perfiles de movimiento del troquel, velocidades y distancias de aproximación para ajustar fácilmente la totalidad de estos parámetros utilizando el software de funcionamiento del simulador. Para automatizar totalmente el simulador y por tanto, generar un



Figura 2. Simulador de compactación.

número de pastillas bajo una serie de condiciones, los subsistemas neumáticos y de motor controlado paso a paso gestionan la operación de las tolvas de llenado de polvo, un brazo extrae las pastillas, un cargador que almacena las pastillas y otros diversos artículos. El simulador debe estar plenamente instrumentado de forma que los perfiles de posición, fuerza y temperatura puedan ser registrados para la formación de cada pastilla.

Las prestaciones de la parte servo-hidráulica del simulador son fundamentales para el éxito del funcionamiento de la máquina. Las máquinas de fabricación de pastillas funcionan a alta velocidad. Por ejemplo, un perfil típico de troquel superior puede requerir que el troquel descienda 15 mm en 15 mseg e inmediatamente después regrese a la posición inicial a la misma velocidad. Este perfil debe estar bien controlado a pesar de que la carga del troquel aumenta rápidamente cuando el troquel golpea al polvo. Por esta razón, los ingenieros utilizan cilindros hidráulicos de muy baja fricción y válvulas de servos de alto rendimiento - (constante de tiempo de ~ 1 mseg).

El sistema de control de la máquina

En Product Technology Partners (PTP) se desarrolló el control original, la adquisición de datos y el software

de análisis para el simulador de compactación. El sistema de control y de adquisición de datos de la máquina es complejo y consta de los siguientes ítems importantes:

- Un controlador de propósito especial y altas prestaciones con dos ejes servo-hidráulicos para los troqueles.
- Un controlador de motor paso a paso de tres ejes de propósito especial para el control de la tolva del polvo, un brazo para la recogida de las pastillas, un cargador de pastillas y varios actuadores neumáticos.
- Un PC industrial que proporciona el control de supervisión, la coordinación, la adquisición de datos, las múltiples funciones de control y la interfaz persona-máquina (HMI).

Anteriormente, para lograr el control necesario de la máquina, los ingenieros interrelacionaban de una manera ardua el sistema de control de acuerdo a una disposición bastante compleja. Y como resultado sufrían las siguientes deficiencias en el rendimiento y en la facilidad de mantenimiento:

- La falta de flexibilidad del controlador de la parte servo-hidráulica limitaba el rendimiento.
- El subsistema de adquisición de datos y los controladores tenían que ser calibrados por separado.
- El controlador requería una amplia estructura de cableado y software complejo de aplicación que era costoso de desarrollar y mantener.
- Se requería que el PC llevase a cabo funciones de control en tiempo real y de sincronización para lo cual no está bien adaptado.
- El hardware del sistema de control era costoso.

Un nuevo método de control

Después de haber establecido las deficiencias del sistema de control existente, se nos preguntó si podríamos simplificar el sistema con la utilización de un hardware diferente y se llevó a cabo un estudio para establecer un diseño alternativo del controlador.

Partiendo de cero, llegó a ser evidente con rapidez que podríamos abordar de manera eficaz las deficiencias detectadas con un sistema basado en un controlador NI PXI ejecutando LabVIEW Real-Time y combinado con un PC que proporcionase la interfaz humana HMI. El nuevo sistema ofrecía las siguientes ventajas:

- Control preciso de los troqueles usando un módulo NI PXI de la Serie R programado con la tecnología LabVIEW FPGA para utilizar algoritmos avanzados de control no lineal.
- La reutilización del hardware usando el mismo módulo de la Serie R para el control de la adquisición de datos y así evitar el requisito de la calibración por separado.
- Contención del controlador entero dentro de un sistema único LabVIEW Real-Time para reducir drásticamente tanto el cableado como la complejidad del software de la aplicación.
- Todas las tareas de tiempo real se realizaban dentro de un entorno de tiempo real.
- Un importante ahorro de costes (aproximadamente £20.000 por unidad) con la nueva configuración de hardware frente a la antigua.

La configuración de E/S de nuestro controlador PXI es la siguiente:

- Módulo NI PXI-7833R de la serie R para el control de la parte servo-hidráulica y la adquisición rápida de datos.
- Módulo de adquisición de datos NI PXI-6123 de la serie S para una adquisición de datos adicional más rápida.
- Módulo de adquisición de datos NI PXI-6220 de la serie M para la adquisición auxiliar de datos.
- Controlador de movimiento paso a paso NI PXI-7334 para la tolva, la extracción de la pastilla y el control del cargador de pastillas.
- Dos módulos de E/S digitales NI PXI-6515 para el control y vigilancia de los sistemas neumáticos y de seguridad.
- Interfaz NI PXI-8420/8 RS232 de la serie S para la comunicación con los subsistemas opcionales de la máquina (por ejemplo, controlador del calentador del dado).

El cambio en el controlador requirió volver a desarrollar el software de funcionamiento de la máquina. Sin embargo, se calculó que el costo de la reconversión sería recuperado gracias a la reducción de los costes de hardware con la venta de tan sólo dos máquinas.

Prestaciones del control de la parte servo-hidráulica

Antes de implementar la versión revisada del controlador, el fabricante de la máquina solicitó que se garantizase que el módulo de la Serie R, programado con LabVIEW FPGA, era capaz de al menos, igualar los resultados del controlador existente de propósito especial.

Para proporcionar esa garantía, se construyó un prototipo para el control de los troqueles de una máquina existente utilizando un módulo PXI-7833R. Se desarrolló un controlador simple de LabVIEW basado en un control de tipo PID. Se combinó con una compensación estática no lineal para la programación de la ganancia y de las características no lineales de la servo-válvula en base a la diferencia de presión a través de la válvula. Hicieron falta unos 2,5 días/hombre para desarrollar el prototipo y el software de prueba. Este hecho refleja la sencillez del método basado en LabVIEW FPGA para el desarrollo de la aplicación. Sin embargo, cabe señalar que necesitamos poner un cuidado especial con el algoritmo de desarrollo puesto que LabVIEW FPGA admite solo cálculo aritmético con números enteros y de coma fija.

A continuación, se realizaron medidas comparativas utilizando el controlador del prototipo experimental y el controlador existente para llevar a cabo perfiles-V. Se ejecutaron varios perfiles a diferentes velocidades para formar pastillas usando diferentes cargas máximas de troquelado.

De acuerdo a una comparativa del abanico de resultados erróneos, se puso de manifiesto que, con sólo dos días de esfuerzo en el desarrollo del software, los resultados del prototipo del controlador de prueba de LabVIEW FPGA superaron al actual controlador cuando trabajaba con carga. En condiciones sin carga, el rendimiento demostrado no era tan bueno, pero estamos seguros de que esto se podría mejorar mediante la aplicación de un algoritmo de control más sofisticado. Se llegó a la conclusión de que es muy fácil de configurar el controlador de LabVIEW FPGA para que su rendimiento coincida con el del controlador de propósito especial. Estamos seguros de que podemos mejorar sustancialmente el rendimiento con un diseño avanzado del sistema de control y un desarrollo posterior del software.

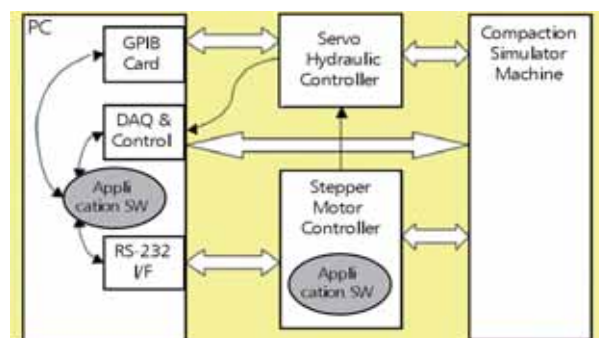


Figura 3. Controlador original

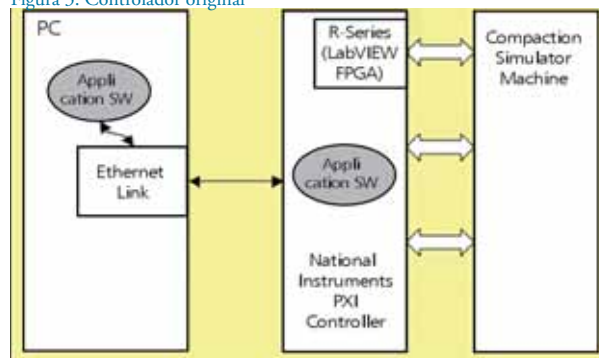


Figura 4. Controlador PXI de NI

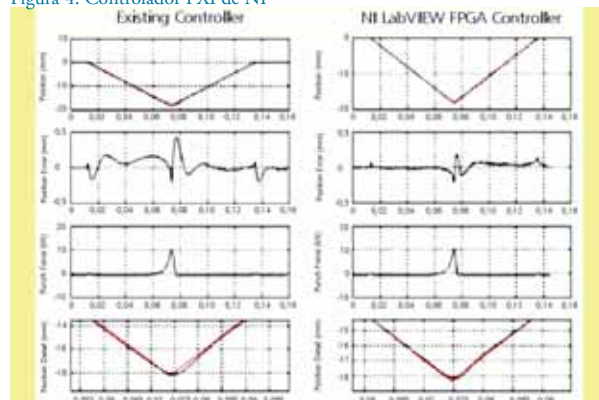


Figura 5. Prestaciones de ambos controladores

Una máquina compleja de I+D, tal como un simulador de compactación provoca la aparición de muchas demandas sobre su sistema de control, incluidas las del control de precisión sobre la parte servo-hidráulica; la adquisición de datos de alta velocidad y el control, la secuenciación y la supervisión de los subsistemas auxiliares. En comparación con un diseño convencional del hardware de control, el cual combina controladores de propósito especial y un PC en tiempo real, se ha demostrado que un controlador integrado que abarque las tecnologías PXI, LabVIEW Real-Time, FPGA y LabVIEW puede proporcionar beneficios significativos, entre los que se incluyen:

- La reducción de la complejidad del hardware y del software.
- La reducción significativa de los costes del hardware.
- La reducción significativa del tiempo de desarrollo del software.
- La capacidad de implementar los diseños avanzados de control, incorporando elementos lineales y no lineales, con tecnología FPGA para proporcionar control de precisión sobre la parte servo-hidráulica en una amplia gama de condiciones de funcionamiento.

Nos gustaría dar las gracias a National Instruments por el préstamo del equipo y su inestimable ayuda durante el estudio del diseño. 📍