

Implementación de una plataforma de pruebas para simulaciones en tiempo real utilizando la tarjeta de control DS1104 R&D de dSPACE

Romero Ramírez Luis Alejandro, Lozano García José Merced

¹ [Ingeniería Mecatrónica, División de Ingenierías campus Irapuato Salamanca] | Dirección de correo electrónico: [luisarr14@gmail.com]

² [Departamento de Eléctrica, División de Ingenierías, Campus Irapuato-Salamanca] | Dirección de correo electrónico: [jm.lozano@ugto.mx]

Resumen

El presente trabajo se enfoca en la implementación de una Plataforma de Pruebas para Simulaciones en Tiempo Real utilizando el ACE kit 1104 CLP de dSPACE, el cual incluye la tarjeta de control DS1104 R&D con la interfaz para tiempo real. Dado que en la actualidad, la mayoría de las áreas de especialización relacionadas con la ingeniería moderna se enfocan al estudio, análisis, diseño y desarrollo de sistemas cada vez más complejos, el uso de herramientas como las plataformas computacionales para simulaciones en tiempo real, cada vez es más común en aplicaciones industriales y en instituciones dedicadas a la educación e investigación. En el presente trabajo se describen los elementos de hardware y software que conforman la plataforma propuesta; asimismo, se expone el procedimiento necesario para la configuración de la misma. Mediante una serie de prácticas sencillas se exhibe la capacidad de procesamiento de la plataforma, lo cual valida la operación de la misma en aplicaciones relacionadas con simulaciones en tiempo real. Finalmente, se implementa un caso de estudio para verificar el desempeño de la plataforma en aplicaciones concernientes al control de prototipos experimentales.

Abstract

This paper is focused on the implementation of a test platform for real-time simulations using the dSPACE ACE kit 1104 CLP, which includes the controller board DS1104 R&D with real-time interface. Nowadays, most of the expertise areas related to modern engineering have to deal with the analysis, design and development of complex systems. The use of sophisticated tools such as computing platforms for real-time simulations, it has been extended mainly in industrial applications and institutions dedicated to education and research. In this paper, the hardware and software elements that integrate the proposed platform are described, along with the required procedure for the platform configuration. Through a series of simple exercises performed on the Controller board, processing capacity of the platform is evaluated. The results obtained validate the operation of the platform in applications related to real-time simulations. Finally, a case study is implemented to verify the performance of the platform in applications concerning control of experimental prototypes.

Palabras Clave

Simulación en tiempo real; Plataforma de pruebas; Modulación de ancho de pulso.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad los controladores eléctricos y los sistemas basados en electrónica de potencia son cada vez más complejos y su utilización se incrementa en todos los sectores: sistemas de potencia, tracción, vehículos híbridos, dispositivos electrónicos industriales, automatización, sistemas aero-espaciales, etc. Asimismo, los avances en el campo de los micro-procesadores, las micro-computadoras y los micro-controladores como DSPs, FPGAs, dSPACE Boards, etc., al igual que en el de semiconductores de potencia, han tenido un gran impacto en los sistemas eléctricos [1]. Por otro lado, plataformas computacionales como MATLAB/SIMULINK han incorporado herramientas para tiempo real, por lo que la construcción y utilización de simuladores de tiempo real se ha extendido en una gran variedad de campos de la ingeniería, sirviendo para el desarrollo de aplicaciones en la industria e instituciones dedicadas a la educación e investigación [2]. Como principales beneficios que se tienen al emplear simulaciones en tiempo real se tiene los siguientes: i) Prueba de equipos en sus límites operativos, ii) Mayor facilidad y menor riesgo de reproducir fallas en los equipos a simular, iii) Permitir una transición entre el análisis irreal obtenido mediante simulaciones y los experimentos e implementaciones en tiempo real, iv) Empleo de modelos detallados de componentes específicos y críticos, v) Desarrollo de una gran número de simulaciones en periodo corto de tiempo para realizar estudios paramétricos.

Como consecuencia, la inclusión de aplicaciones asistidas por simulaciones en tiempo real (SRT) en la ingeniería moderna proporciona una gran ayuda para los investigadores y los académicos, por lo tanto en el presente trabajo se propone la implementación de un banco de pruebas para la simulación en tiempo real.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del Hardware

El elemento principal de la plataforma de pruebas de es el ACE kit 1104 CLP de dSPACE®, el cual incluye la tarjeta de control estándar DS1104 R&D,

que puede ser conectada en la ranura PCI de una PC; el CP1104 panel de conectores, para acceder a las señales de entrada y de salida; y el CLP1104 Connector/Led Combi Panel, utilizado para indicar los estados de las señales digitales.

La tarjeta DS1104 está diseñada específicamente para el desarrollo de controladores digitales multi-variables de alta velocidad y simulaciones en tiempo real en una gran variedad de campos. Debido a que opera con un procesador de punto flotante PowerPC 603 a 250 MHz, e incluye un subsistema esclavo basado en el micro-controlador DSP TMS320F240, se puede considerar como un sistema completo de control en tiempo real [3]. De igual forma, cuenta con un panel de conectores que sirve como interfaz para acceder a todas las señales de entrada y salida de la tarjeta, en aplicaciones relacionadas al control rápido de prototipos (RCP). En consecuencia, la tarjeta de control DS1104 R&D es el hardware ideal para la plataforma de pruebas que se plantea desarrollar en el presente trabajo, ya que no solo servirá para la realización de simulaciones en tiempo real, sino que también permitirá la implementación de técnicas como “Hardware-in-the-loop (HIL)” para la prueba de prototipos experimentales, sobre todo en el área de la electrónica de potencia [4].

Para la configuración del hardware es necesario seguir los siguientes pasos en el orden especificado:

1. Revisar que el software haya sido instalado en la PC, de acuerdo a [5].
2. Revisar que el hardware a utilizar cumpla los requerimientos para la DS1104.
3. Instalar el hardware de acuerdo al procedimiento especificado en [3].
4. Verificar que el sistema funciona de forma correcta, cargando en la tarjeta la aplicación de revisión.

Descripción del Software y configuración de la plataforma de pruebas en tiempo-real

El hardware para simulaciones en tiempo real de dSPACE, es manejado por la plataforma de supervisión integrada en ControlDesk. Una vez instalado el software de dSPACE, ControlDesk aparecerá disponible en el menú de inicio de

Windows. Desde el navegador de la plataforma de ControlDesk, Fig.1, es posible revisar las propiedades de las tarjetas instaladas, verificar la correcta instalación del hardware, actualizar firmware, registrar otras tarjetas dSPACE en el sistema y descargar aplicaciones a la plataforma de simulación de forma manual.

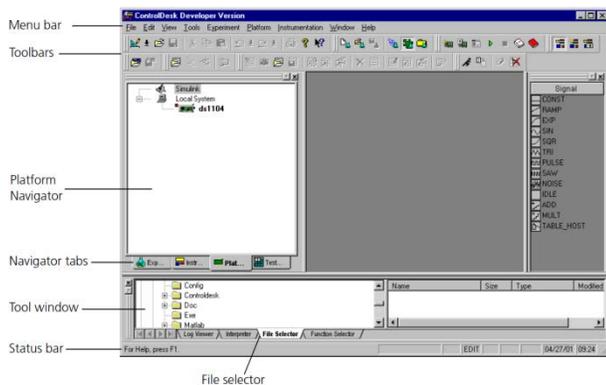


FIGURA 1: Navegador del software ControlDesk

El procedimiento para la realización de las acciones más importantes para la configuración de la tarjeta, se describe a continuación:

- Para revisar las propiedades de la tarjeta, en el navegador se selecciona el icono correspondiente a la tarjeta DS1104 y se inspecciona el cuadro de diálogo *Control Board Properties*.
- Para verificar la instalación, la opción de *File Selector* dentro de ControlDesk, se cambia a `%DSPACE_ROOT%\Demos\DS1104\Check\`, y se selecciona el archivo *System Description DS1104*. En la ventana de herramientas se selecciona la página *Log Viewer*. Si no se despliegan mensajes de error en el *Log Viewer*, la tarjeta se encuentra correctamente instalada.
- Para verificar el funcionamiento de la plataforma de simulaciones en tiempo real, es necesario desarrollar las simulaciones y probar estos algoritmos dentro de la tarjeta dSPACE. Para este propósito, existen dos opciones: la primera, consiste en implementar la simulación de un sistema por medio de la inserción de bloques proporcionados por la interfaz de tiempo real de dSPACE, (RTI), en un modelo de Matlab/Simulink; mientras que la segunda

opción, involucra la utilización de las funciones RTLib, que permiten desarrollar de forma manual el código en lenguaje C, correspondiente a la aplicación por desarrollar. Para iniciar la herramienta RTI1104 con Matlab, se ejecuta el software y en la ventana de diálogo *Select dSPACE RTI Platform Support* se selecciona la opción *RTI1104*. Al instalar el software de la tarjeta de dSPACE, automáticamente en Simulink se cargan las librerías dSPACE RTI1104. Para abrir las librerías de la tarjeta de dSPACE, en la ventana de comandos de Matlab se escribe `rti1104`. Esta librería contiene información, demos y los iconos disponibles para la tarjeta DS1104, Fig. 2.

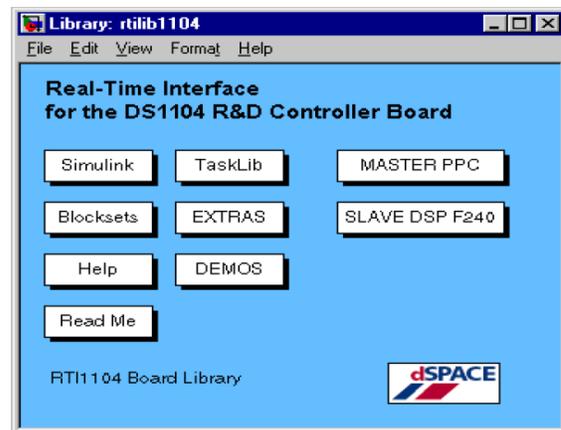


FIGURA 2: Librería para la tarjeta DS1104 en Matlab

- Para trabajar con algún modelo, primeramente se construye el sistema a simular dentro de simulink. Desde la opción *Tools* del menú principal se selecciona la opción *Real-Time Workshop – Options*, para ver los parámetros de la simulación. En este submenú se revisa que se encuentren especificados el archivo `rti1104.tlc`, el modelo `rti1104.tmf` y el comando `make_rti`. Se ejecuta la opción *Build* para construir y descargar la aplicación en tiempo-real a la tarjeta DS1104. En este momento, el archivo con la descripción del sistema y la aplicación en tiempo real son creadas y ejecutadas en el hardware.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente proyecto se utilizó el software Matlab/Simulink para la construcción de los

modelos desarrollados, ya que de esta manera, el código en lenguaje C es generado automáticamente por sus herramientas de tiempo real en conjunto con la RTI de dSPACE. Los modelos construidos se descargan en el hardware para tiempo real de dSPACE, donde, a través de las herramientas contenidas en el software ControlDesk, es posible experimentar con los sistemas simulados.

Una de las primeras prácticas que se realizó fue la generación de una señal sinusoidal y el envío de la misma a uno de los puertos de salida, para visualizarla en un osciloscopio. El modelo implementado en Simulink para esta práctica se muestra en la Fig.3., donde se observa como la señal digital generada dentro de la simulación es convertida a una señal analógica por medio del bloque DAC (Digital-Analog Converter). De esta manera, la señal obtenida en el puerto de salida de la tarjeta, ya puede interactuar con cualquier dispositivo físico de procesamiento.

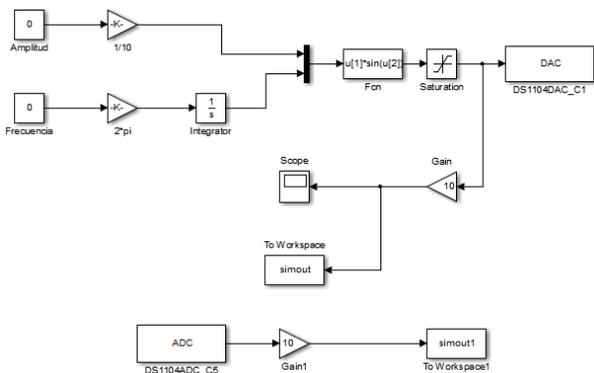


FIGURA 3: Modelo en Simulink para la generación y procesamiento de una señal sinusoidal

Mediante el software ControlDesk, es posible manipular en tiempo real, los valores de los elementos empleados en la simulación del sistema en Simulink. En el caso de la práctica de la señal sinusoidal, se observa como en el navegador de ControlDesk se pueden estar modificando los valores tanto de la amplitud como de la frecuencia de la señal, Fig.4.

Dentro de esta práctica, la misma señal es capturada a través de uno de los convertidores analógico-digital (ADC) de la tarjeta, para graficarla dentro de la interfaz del ControlDesk. Esta acción tiene como principal objetivo el

determinar el tiempo de retardo inherente al sistema de comunicación y procesamiento de la plataforma de pruebas. Para la implementación de técnicas de simulación como la técnica HIL, es necesario que interactúen señales generadas por secciones del sistema que se encuentran simuladas en una PC, con señales generadas por sistemas implementados mediante prototipos físicos. Así, para recrear la operación precisa del sistema completo, la interacción de estas señales se debe dar con el menor tiempo de retardo posible.

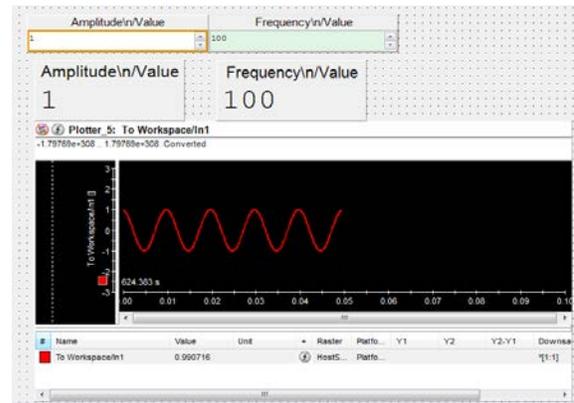


FIGURA 4: Navegador de ControlDesk para control de la simulación en tiempo real.

En la práctica realizada con la señal sinusoidal, se observa que el tiempo que transcurre entre la generación de la señal dentro de la simulación y los procesos de transformación digital-analógica y analógica-digital, es mínimo, Fig.5. Lo anterior sirve para validar el funcionamiento de la plataforma para simulaciones en tiempo real.

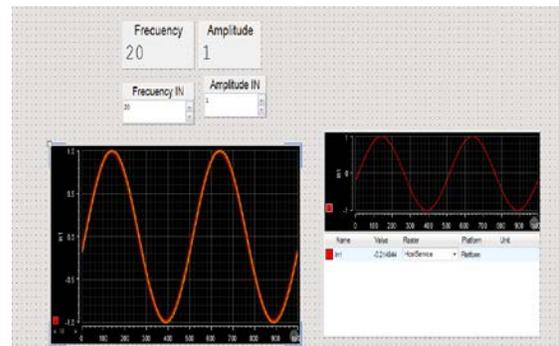


FIGURA 5: Comparación entre la señal generada (color rojo) en la simulación y la misma señal capturada por la tarjeta (color amarillo).

Otra de las aplicaciones que se propone para la plataforma de pruebas es el control de prototipos experimentales. Para verificar el funcionamiento de la tarjeta DS1104 en este tipo de aplicaciones, se planteó como segundo caso de estudio la generación de las señales de conmutación para un inversor trifásico, utilizando la estrategia de modulación de ancho de pulso (PWM), [6].

Estas señales de conmutación son generadas desde un modelo en Matlab/Simulink, Fig. 6. Finalmente, en la Fig.7 se exhiben dos de éstas señales de disparo complementarias capturadas con un osciloscopio.

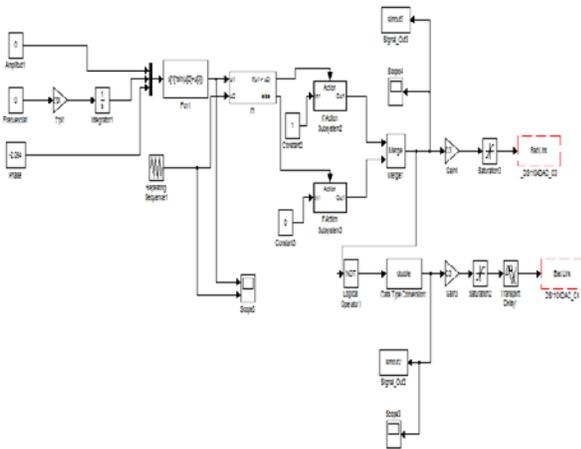


FIGURA 6: Modelo utilizado para la generación de las señales de disparo mediante PWM

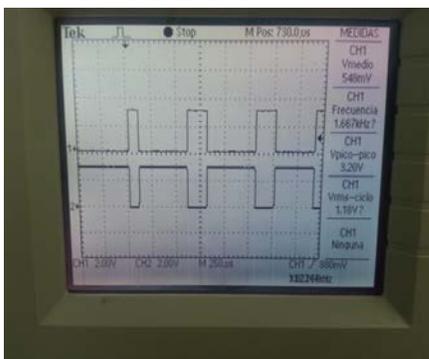


FIGURA 5: Señales de disparo generadas para la fase A del convertidor trifásico

CONCLUSIONES

En la presente investigación se expone de forma práctica el procedimiento necesario para la configuración de una plataforma de pruebas para simulaciones en tiempo real, basada en la tarjeta DS1104 de dSPACE y en el software ControlDesk en conjunto con la interfaz integrada en Simulink de Matlab. Los resultados obtenidos sirven para validar el desempeño de la plataforma tanto para aplicaciones relacionadas con simulaciones en tiempo real y para el control de prototipos experimentales.

Debido a relativa facilidad con la que se puede configurar esta plataforma, se espera que en un futuro cercano se incremente el número de aplicaciones asistidas por simulaciones en tiempo real dentro de la División de Ingenierías.

REFERENCIAS

- [1] Menghal, P. M., Jaya Laxi, A., (2011). Real Time Simulation: A Novel Approach in Engineering Education. 3er International Conference on Electronics Computer Technology, vol. 1, 215-219.
- [2] Menghal, P. M., Jaya Laxi, A., (2012). Real Time Simulation: Recent Progress & Challenges. International Conference on Power, Signals, Controls and Computation, 1-6.
- [3] dSPACE,(2004). DS1104 R&D Controller Board Hardware Installation and Configuration. Release 4.1.
- [4] Wang, K., Crow, M. L., Cheng, Y., (2007). Development of a FACTS Real-Time Hardware-in-the-loop Simulation. 39th North American Power Symposium, 118-123.
- [5] dSPACE,(2013). ControlDesk (Next Generation) Basic Practices Guide. Release 2013-A.
- [6] Lozano García, J. M., (2006). Compensador estático serie para el mejoramiento de la calidad de energía en redes eléctricas. Tesis de Maestría. Cinvestav del IPN. Unidad Gdl.