

Desarrollo de un prototipo para la adquisición y procesamiento de datos, utilizando un sistema basado en FPGA

Ing. L.Romero⁽¹⁾ - Lic. P. Bellino⁽²⁾

(1) División Diseño y Análisis Nuclear - DERC - GRyCEN - GAEN - CNEA

(2) División de Física Experimental de Reactores - DERC - GRyCEN - GAEN - CNEA
Centro Atómico Constituyentes (CAC)

(1)lromero@cnea.gov.ar; (2)pbellino@cnea.gov.ar

Resumen

Se describe la primera etapa de la ampliación y mejora de un sistema de adquisición de señales basado en FPGA. Dicho sistema permitirá adquirir y procesar señales provenientes de detectores nucleares trabajando tanto en modo pulso como en modo corriente. Se unificarán todos los sistemas actualmente existentes para la realización de mediciones físicas en reactores y facilidades nucleares.

Introducción

Los FPGA (Field Programmable Gate Array) son circuitos integrados que contienen bloques configurables de lógica junto con conexiones configurables entre esos bloques. Implementa las funciones programadas a través del hardware, a diferencia de un microprocesador que lo realiza a través del software.

Esta clase de dispositivo resulta de interés dado su alto rendimiento y su bajo consumo, en comparación con un microprocesador. Existen en la actualidad infinidad de aplicaciones que utilizan estos elementos, por lo que no resultará extraño encontrar en el área nuclear aplicaciones que utilicen sistemas con FPGA [1][2].

Con el objetivo de mejorar y ampliar el instrumental electrónico de adquisición y procesamiento de datos atinentes a mediciones físicas en reactores o facilidades nucleares, se comenzó a desarrollar un sistema basado en FPGA.

El sistema de medición actualmente desarrollado y objeto del presente trabajo permite tomar datos provenientes de detectores de neutrones tanto en modo pulso (^3He , BF_3 y cámaras de fisión) como así también en modo corriente (cámaras de ionización compensada). Este sistema se utilizará para realizar mediciones de parámetros estáticos y cinéticos en reactores nucleares, empleando las técnicas de cinética directa, cinética inversa y ruido neutrónico [3]. Con el nuevo sistema propuesto basado en FPGA se propone unificar todos los mecanismos de adquisición de datos que se utilizan para las experiencias físicas en reactores nucleares. En particular, resulta de sumo interés aplicar las técnicas de ruido neutrónico para reactores en subcrítico, adquiriendo señales de pulsos provenientes de contadores proporcionales.

Con la técnica de ruido neutrónico es posible determinar la constante de evolución de los neutrones instantáneos (de suma importancia para los aspectos de seguridad y operación segura de un reactor) como así también determinar la potencia de operación y la reactividad del núcleo [4]. En la actualidad, las mediciones de α -Feynman no pueden procesarse en tiempo real debido a la alta velocidad con que se debe realizar la adquisición de datos, impidiendo que se ejecuten técnicas de procesamiento de señales por software. Por tal motivo, se busca utilizar sistemas basados en FPGA donde sea posible realizar la adquisición y el procesamiento estadístico en tiempo real para lograr el monitoreo de los parámetros físicos de interés.

Características principales del sistema

Se utiliza una placa de desarrollo SPARTAN-3AN [5] de la empresa XILINX [6], la cual posee diferentes clases de puertos de entrada y salida, a través de los cuales se realizan todas las operaciones de transferencia de información necesarias para el presente desarrollo, entre ellos puerto serie, puerto VGA [7], puertos de uso general, conversores analógicos-digitales, etc. Para la programación de la placa se utilizó el código de programación VERILOG [8] y se realiza en forma modular. En la etapa actual del desarrollo el sistema podrá adquirir pulsos TTL [9] de hasta 1 MHz en modo mono-canal, y en forma paralela procesar los pulsos adquiridos, para finalmente presentar los datos obtenidos en un monitor en tiempo real y además, se transfieren los datos adquiridos a través del puerto serie hacia una PC para ser almacenados en un archivo de texto, para un post-procesamientos de los mismos.

Adquisición de datos

El sistema, configurado en modo mono-canal, está desarrollado de tal modo que las salidas TTL de los contadores proporcionales de ^3He se conectan a la placa de desarrollo SPARTAN-3AN, a través del puerto de uso general, J18 que la placa posee.

El proceso para la adquisición de los datos es el siguiente: cada 50 microsegundos, período de tiempo al cual se lo denominará Δt , se cuentan los pulsos recibidos del contador monitoreado y se almacenan. Se efectúan 1000 adquisiciones de este tipo, por lo que el tiempo total de adquisición resulta en 50 ms. Las cuentas adquiridas en cada Δt se almacenan en una memoria RAM [10] de 512 Mb que la placa de desarrollo dispone.

Dado que el sistema se diseña para trabajar en forma paralela, a medida que un proceso se encarga de almacenar información obtenida de los contadores, otro se ocupa de realizar un análisis estadístico con la información adquirida hasta el momento.

Análisis estadístico

Como parte del objetivo del sistema propuesto, interesa no solo adquirir la información proveniente de los contadores, sino también realizar un análisis estadístico con el fin de obtener las curvas de varianza normalizada de la tasa de cuentas. Finalmente se muestrearán en un monitor 100 curvas, en la que cada una representa la razón entre varianza y el valor medio de las cuentas adquiridas en función del Δt correspondiente. La base de tiempo elegida va desde Δt hasta $100\Delta t$.

Todas las operaciones matemáticas se realizan con números de punto flotante de 32 bits.

Visualización en pantalla

Al finalizar el proceso estadístico, y de acuerdo al propósito del desarrollo del sistema, se procede a la graficación de los valores obtenidos, lo cual permitirá al usuario observar las curvas del método de α -Feynman en tiempo real. La graficación se realiza en un monitor VGA de resolución de 640 x 480 píxeles.

Transferencia

Una vez realizadas todas las operaciones, se procede a transferir a una PC todos los datos adquiridos para un post-procesamiento que permitirá realizar un ajuste no lineal sobre los datos ya procesados por la FPGA y con ellos obtener los parámetros cinéticos de interés. La transferencia se realiza por el puerto serie, a una velocidad de 19200 baudios y 8 bits de transferencia.

Conclusiones

Se considera que el desarrollo de este sistema objeto del presente trabajo permitirá al usuario observar en tiempo real la evolución de la constante de los neutrones instantáneos, muy importante en términos de seguridad y operación segura del reactor, como así también determinar la potencia de operación y la reactividad del núcleo.

Como la plaqueta de desarrollo SPARTAN-3AN cuenta con conversores analógicos-digitales y con varios puertos de uso general, se puede concluir que el desarrollo de este sistema será muy útil para poder ampliar las capacidades del sistema de adquisición, dado que se podrá trabajar en un modo multi-canal para analizar el espectro de altura de pulsos. Así también, se espera incorporar en la adquisición las señales provenientes de cámaras de ionización compensada cuyas cadenas electrónicas poseen una salida en voltaje proporcional a la corriente generada en los detectores.

Referencias

- [1] Multimode Acquisition System Dedicated to Experimental Neutronic Physics - **Geslot, B. et al. - IMTC 2005, Instrumentation and Measurement, Techonlogy Conference (2005).**
- [2] Development of compact pulse height analyzer modules based on FPGA for e-learning type exercises on nuclear reactor - **Ihara, Y. et al. - Progress in Nuclear Science and Technology, Vol.1 p.244-247(2011).**
- [3] Aplicación de la técnica de ruido neutrónico en subcrítico utilizando un nuevo sistema de adquisición de datos - **P. Bellino, A. Gomez - ITE-06RCN-229(Rev.0)(2010)**
- [4] Estimación del parámetro alfa en estado crítico y de la potencia de un reactor de investigación, mediante la técnica de ruido neutrónico. - **Gomez A. - CNEA-ITE-06REC-215(Rev.1). (2009).**
- [5] SPARTAN-3AN Starter kit board user guide - www.xilinx.com - UG334 (v1.1) (2008)
- [6] XILINX: Empresa dedicada al desarrollo de FPGA.
- [7] VGA: estándar para la grafico introducido por IBM.
- [8] VERILOG: lenguaje de descripción de hardware usado para modelar sistemas electrónicos.
- [9] TTL: Tecnología de construcción de circuitos digitales.
- [10] RAM: Memoria de acceso aleatorio.

Imágenes



Img. 1 Placa de desarrollo SPARTAN-3AN



Img 2. Detectores neutrónicos de ^3He .

Development of a prototype adquisition and data procesing system based on FPGA

Ing. L.Romero⁽¹⁾ - Lic. P. Bellino⁽²⁾

(1) División Diseño y Análisis Nuclear - DERC - GRyCEN - GAEN - CNEA

*(2) División de Física Experimental de Reactores - DERC - GRyCEN - GAEN - CNEA
Centro Atómico Constituyentes (CAC)*

(1)lromero@cnea.gov.ar; (2)pbellino@cnea.gov.ar

Abstract

We present the first stage of the expansion and improvement of a signal acquisition system based on FPGA. This system will acquire and process signals from nuclear detectors working in both pulse and current mode. The aim of this development is to unify all the actual systems for physical measurements in nuclear facilities and reactors.