



**UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE MORENO**

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS APLICADAS Y TECNOLOGÍA

Código: PI-CAyT-02-2018

“DESARROLLO DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN, CÁLCULO Y GENERACIÓN PARA APLICACIONES DE ALTO DESEMPEÑO”

Director: Bierzychudek, Marcos

Año: 2020



Informe Final de Proyectos de Investigación (PI) Universidad Nacional de Moreno

Identificación del proyecto

Tipo de proyecto y año de convocatoria:	PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN Y PRODUCCIÓN ACADÉMICA (PIPAs) Año 2018
Nombre completo del proyecto:	Desarrollo de un sistema de adquisición, cálculo y generación para aplicaciones de alto desempeño
Director/a:	Dr. Ing. Marcos E. Bierzychudek
Lineamiento estratégico: ¹	
Fecha de inicio:	Marzo de 2019
Fecha de finalización:	Junio del 2021
Unidad de localización: Departamento/Centro/ Programa	Ciencias aplicadas y tecnologías
Resumen: <i>a(máx. 300 palabras)</i>	<p>Se desarrolló un sistema de medición de tensión, cálculo y generación de tensión para aplicaciones de alto desempeño. Todo el sistema se encuentra diseñado. Actualmente la plataforma permite realizar mediciones con alta tasa de muestreo y resolución para resolver problemas de control, procesamiento de señales u otras tareas de adquisición. Algunas posibles aplicaciones son el registro sincrónico de señales asociadas a la distribución de energía eléctrica y la generación de señales biométricas para simuladores de pacientes. Cabe destacar dos ejemplos de gran interés para la comunidad internacional de metrología, la unidad podrá ser utilizada para implementar un simulador de impedancia o un puente realimentado para la medición de impedancias en todo el plano complejo.</p> <p>El sistema desarrollado es modular. Se diseño por separado los módulos de medición, generación, la referencia de tensión y el módulo de control. Para este último caso se utilizó una placa de evaluación de FPGA comercial. También se desarrolló una placa de tensión de referencia que es común para todo el sistema.</p> <p>La descripción del hardware para la FPGA se realizó en Verilog y se buscó trabajar con FPGAs del fabricante Xilinx.</p>
Palabras claves:	Convertor analógico digital (ADC), FPGA, adquisición

¹ Según Resolución UNM- CS 848/21 Lineamientos estratégicos de Investigación y Desarrollo Tecnológico 2022-2027.

Parte I

Informe de resultados para el repositorio²

1. Introducción y objetivos (*mínimo 1 página- máximo 2 páginas*)

El objetivo del trabajo es desarrollar herramientas que conformen un sistema modular de medición, cálculo y generación para aplicaciones de alto desempeño. Se diseñó los módulos de adquisición/generación de alta exactitud a baja y alta frecuencia y de baja latencia. También, se diseñó el módulo de referencia de tensión y se programó una FPGA para controlar el sistema. Los módulos son independientes pero compatibles entre sí.

Las especificaciones para el primer prototipo son:

- * Frecuencia de muestreo 1 MHz
- * Un canal de entrada con resolución de 18 bit
- * Un canal de salida con resolución de 18 bit
- * Puertos de entrada/salida para señales de sincronismo
- * Puerto USB para comunicación con PC
- * Memoria interna

Los objetivos específicos son:

- * Diseñar e implementar una placa de adquisición
- * Diseñar e implementar una placa de generación
- * Diseñar e implementar una placa de referencia de tensión
- * Implementar la descripción del hardware de la FPGA para comunicarse con los módulos y con una PC. Eventualmente se deberá incluir un cálculo dentro de PFPGA.

Cada módulo es alimentado con una fuente de 220 V a 12 V poseen los reguladores de tensión necesarios para generar las tensiones requeridas por los componentes. Sin embargo, la tensión de referencias para los convertidores digital-analógico y analógico-digital es provista externamente por el módulo correspondiente, para que el sistema funcione con una única referencia de tensión. Además, cada módulo cuenta con protecciones en su entrada/salida y en la alimentación, y las líneas digitales de comunicación están aisladas galvánicamente para reducir los efectos del ruido del circuito digital.

El software se programó en lenguaje Python y la descripción del hardware para la FPGA se realizó en Verilog mediante el software de diseño del fabricante Xilinx.

Las técnicas de muestreo y generación de señales utilizando convertidores digital-analógicos y analógicos-digital que forman parte del contenido esencial para la formación de ingenieros electrónicos. Ellas explican el funcionamiento de muchos instrumentos básicos, como el osciloscopio, y son aplicadas en la industria y en la ciencia. Por otro lado, la implementación de cálculos en una FPGA (Field Programmable Gate Array), como filtros digitales, es una tarea compleja que involucra conocimientos de señales digitales y problemas numéricos. El proyecto y el sistema final brinda una excelente plataforma educativa para que los estudiantes puedan profundizar en estos conocimientos. Esta plataforma permite resolver problemas de teoría de control, procesamiento de señales o tareas de adquisición/generación, y gracias a su flexibilidad permite que distintos alumnos realicen sus trabajos finales o prácticas profesionales. Desde el punto de vista científico, las plataformas de muestreo y generación son ampliamente usadas. Por ejemplo, en la publicación "Application of Robust control to a Cryogenic Current Comparator" se implementó una unidad de adquisición y control con el objetivo de cerrar un lazo de realimentación con frecuencia de muestreo de 100 kHz y 120 dB de atenuación a baja frecuencia. La unidad diseñada posee 18 bits de adquisición y 20 bits de generación con frecuencia de muestreo de hasta 200 kSps. Dada la entendida utilización de este tipo de herramientas, existen un gran mercado de productos para aplicación en problemas de control o adquisición, por ejemplo el sistema NI CompactRio para aplicaciones de teoría de control o el sistema NI-PXI para aplicaciones de instrumentación y metrología. Estos sistemas son muy buenos, pero un diseño propio es más flexible y adaptable a distintas aplicaciones, y su costo es notablemente menor.

2. Marco de referencia (min. 2 páginas- máx. 5 páginas)

Existen en el mercado productos comerciales para aplicación en problemas de control o adquisición. Por ejemplo, La empresa National Instrument (NI) comercializa un sistema denominado CompactRio, el cual posee gran variedad de funcionalidades. Sin embargo, los equipos comerciales se encuentran limitados en la resolución de sus conversores y en la frecuencia de muestreo. La empresa NI ofrece varios módulos de adquisición de tensión con 24 bits de resolución y el más rápido llega a 102,4 kSps, si se necesita mayor frecuencia de muestreo se debe recurrir a conversores de 16 bits. Esta caída en resolución para aumentar la frecuencia de muestreo demuestra una vacancia en las capacidades de estos chasis. Otro posible nicho se encuentra en aplicaciones de alta frecuencia ya que la frecuencia de muestreo máxima de los sistemas comerciales para aplicaciones de teoría de control suele estar en 1 MSps. Cabe destacar que el más barato de estos módulos cuesta US\$3000, valor que excede ampliamente el costo en componentes del proyecto propuesto. La experiencia demuestra que es posible superar el desempeño de los productos comerciales. Por ejemplo, en se implementó una unidad de adquisición y control con el objetivo de cerrar un lazo de realimentación con frecuencia de muestreo de 100 kHz y 120 dB de atenuación a baja frecuencia. La unidad diseñada posee 18 bits de adquisición y 20 bits de generación con frecuencia de muestreo de hasta 200 kSps.

3. Métodos y técnicas (min. 2 páginas- máx. 4 páginas)

El proyecto siguió la metodología de trabajo tradicional para proyectos de Ingeniería Electrónica. En primer lugar, se generó las especificaciones generales del sistema y particulares para cada placa. Luego, se seleccionó las topologías de circuitos y los componentes comerciales disponibles para alcanzar dichas especificaciones. El circuito fue verificado mediante simulaciones y luego se diseñó e implementó el circuito impreso. Verificaciones intermedias garantizan el correcto funcionamiento del prototipo y el cumplimiento de las especificaciones para cada etapa del circuito.

Los prototipos desarrollados fueron evaluados midiendo parámetros característicos como distorsión armónica total, Slew rate, relación señal a ruido y ancho de banda.

4. Resultados y discusión (min. 5 páginas- máx. 15 páginas)

Se realizó el diseño de todo el sistema, los circuitos y módulos. Se simuló los circuitos más importantes y se fabricaron una placa de cada módulo. Para la placa de adquisición se realizaron todas las tareas planeadas, se construyó, caracterizó y se implementó la descripción del hardware para comunicarse con PC. La placa de desarrollo de tensión también fue construida y caracterizada demostrando un buen resultado.

5. Nuevos interrogantes y líneas de investigación a futuro

El desarrollo de módulos de adquisición y generación es un área importante dentro de la ingeniería electrónica que pueden ser aplicada en gran cantidad de áreas de desarrollo en investigación o en productos de alto valor agregado.

6. Bibliografía (min. 2 página- máx. 4 páginas)

- [1] Frederic Overney, "A state-of-the-art impedance simulator", METinfo, Vol. 23, Nº 2, 2016
- [2] L. Callegaro, V. D'Elia, M. Kampik, D. B. Kim, M. Ortolano, F. Pourdanesh, Experiences with a two terminal-pair digital impedance bridge, ar-Xiv:1408.2638.
- [3] <http://www.ni.com/es-cr/shop/select/c-series-voltage-input-module>
- [4] <http://www.ni.com/es-cr/shop/select/compactrio-controller>
- [5] M. E. Bierzychudek, M. Götz, R. S. Sanchez-Peña, R. Iuzzolino, D. Drung, Application of Robust control to a Cryogenic Current Comparator, IEEE Trans. Instr. and Meas., vol. 66, n 6, June 2017

Parte II

Dimensiones de cumplimiento del Plan de Trabajo

1. Balance de cumplimiento del Plan de Trabajo

Se realizó el diseño de todo el sistema modular, de los circuitos y de las placas que lo conforman. En total se diseñaron y simuló tres placas. Se realizaron las compras de distintos componentes. Se construyó y caracterizó la placa de la referencia de tensión y una placa de adquisición. Para este segundo módulo se desarrolló la descripción del hardware para que la FPGA interactúe con el ADC para realizar un barrido de mediciones, guardando los datos en memoria y luego transfiriéndolo a la PC vía USB. En la PC un programa en Python procesa los datos y grafica la medición. Las referencias de tensión y placa de adquisición fueron caracterizadas mediante mediciones para determinar su estabilidad en el tiempo, su ancho de banda y otras características.