

CARRERA DEL INVESTIGADOR CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO

Informe Científico¹

PERIODO ²: 2012-2013

1. DATOS PERSONALES

APELLIDO: Paolini

NOMBRES: Eduardo Emilio

Dirección Particular: Calle: Nº:

Localidad: Punta Alta CP: 8109 Tel:

Dirección electrónica epaolini@uns.edu.ar

2. TEMA DE INVESTIGACION

Análisis, modelado y control de sistemas electrónicos

3. DATOS RELATIVOS A INGRESO Y PROMOCIONES EN LA CARRERA

INGRESO: Categoría: Independiente Fecha: 7/12/2011

ACTUAL: Categoría: Independiente desde fecha: 7/12/2011

4. INSTITUCION DONDE DESARROLLA LA TAREA

Universidad y/o Centro: Universidad Nacional del Sur

Facultad: --

Departamento: de Ingeniería Eléctrica y de Computadoras

Cátedra: Procesamiento Digital de Señales

Otros: Área 1

Dirección: Calle: Av. Alem Nº: 1253

Localidad: Bahía Blanca CP: 8000 Tel: (0291) 4595154

Cargo que ocupa: Profesor Adjunto

5. DIRECTOR DE TRABAJOS. (En el caso que corresponda)

Apellido y Nombres:

Dirección Particular: Calle: Nº:

Localidad: CP: Tel:

Dirección electrónica:

.....
Firma del Director (si corresponde)

.....
Firma del Investigador

¹ Art. 11; Inc. "e"; Ley 9688 (Carrera del Investigador Científico y Tecnológico).

² El informe deberá referenciar a años calendarios completos. Ej.: en el año 2014 deberá informar sobre la actividad del período 1°-01-2012 al 31-12-2013, para las presentaciones bianuales.

6. EXPOSICION SINTETICA DE LA LABOR DESARROLLADA EN EL PERIODO.

Debe exponerse, en no más de una página, la orientación impuesta a los trabajos, técnicas y métodos empleados, principales resultados obtenidos y dificultades encontradas en el plano científico y material. Si corresponde, explicita la importancia de sus trabajos con relación a los intereses de la Provincia.

Durante este período el trabajo de investigación se orientó en dos líneas principales:

- reducción de la distorsión en amplificadores conmutados, y
- reducción de ruido y distorsión en sistemas de lectura de CCDs (Charge Coupled Devices).

utilizando técnicas de procesamiento digital de señales.

En la primera línea se buscó reducir el contenido armónico en una banda de frecuencias de interés cuando se trabaja con señales tipo binarias ("1"/"0"), que son adecuadas para desarrollar equipos electrónicos con una alta eficiencia energética. Estos resultados son aplicables a convertidores de potencia AC/AC o DC/AC, amplificadores de potencia, etc.

Los resultados alcanzados en este período permitieron reducir la distorsión de algoritmos de modulación por ancho de pulsos (MAP o PWM por sus siglas en inglés) desarrollando dos tipos de técnicas diferentes: una denominada "modulación click" (trabajo 3) y otra conocida como "MAP con distorsión cero en banda base" (trabajo 4). En todos los casos, se busca diseñar algoritmos de tiempo discreto, que puedan ejecutarse en procesadores digitales o FPGAs, y no en el desarrollo de electrónica analógica. El enfoque de cada una de estas técnicas es distinto, pero el resultado es similar. En el primer caso (modulación click) se plantea el problema en el dominio frecuencia (buscar que el espectro de la señal modulada sea idéntico al de la señal moduladora en la banda de interés), y en el segundo se parte en el dominio temporal (hacer que las muestras de la señal modulada sean idénticas a la de la señal moduladora), resultando en algoritmos distintos que satisfacen los requisitos de diseño. Durante este período las investigaciones estuvieron orientadas a obtener versiones prácticas e implementables de esos algoritmos. Tales aspiraciones fueron cumplidas satisfactoriamente, y sus resultados se publicaron en los trabajos 3 y 4, y han dado lugar a otra serie de trabajos actualmente en prensa (trabajos 9, 10, 11, 12 y 15).

Con respecto a la segunda línea de investigación, originada por una colaboración con investigadores del Fermi National Accelerator Laboratory, Batavia, Illinois, EE UU., el propósito es utilizar sensores tipo CCD (Charge Coupled Devices), semejantes a los que se utilizan en cámaras digitales, para detectar partículas elementales. Estos sensores se están utilizando para dos tipos de experimentos, que son detectar la presencia de materia oscura en el universo (experimento DAMIC) y la detección de neutrinos de bajas energías (experimento CONNIE), que permitiría en principio monitorear el estado de reactores atómicos, específicamente el de la central nuclear Almirante Alvaro Alberto en Angra do Reis, Brasil. Los CCD para aplicaciones científicas tienen alta eficiencia de detección, buena resolución espacial, bajo ruido, y son más gruesos para facilitar la interacción con partículas. De todos modos, el nivel de interacción es tan bajo que es fundamental aplicar técnicas que permitan reducir el ruido de lectura de tales dispositivos. La colaboración de nuestro grupo está vinculada al procesamiento de las señales provenientes del CCD, incluyendo la generación de relojes, muestreo, análisis e interpretación de resultados. En los trabajos 1, 6 y 7 se estudian algunas técnicas de procesamiento que permiten alcanzar niveles de ruido compatibles con este tipo de aplicaciones, y en el trabajo 16 se estudia la factibilidad del

empleo de este tipo de sensores para la detección no ambigua de neutrinos de baja energía.

Mis tareas de docencia en el área de Procesamiento Digital de Señales ha resultado en la elaboración de trabajos de alumnos que se han presentado en congresos nacionales (Trabajos 5 y 14). También estamos aplicando estas ideas para la verificación funcional (tipo "caja gris") de implementaciones en hardware de algoritmos de procesamiento de señales, en especial filtros FIR y transformadas de Fourier (Trabajo 13).

7. TRABAJOS DE INVESTIGACION REALIZADOS O PUBLICADOS EN ESTE PERIODO.

7.1 PUBLICACIONES. *Debe hacer referencia exclusivamente a aquellas publicaciones en las que haya hecho explícita mención de su calidad de Investigador de la CIC (Ver instructivo para la publicación de trabajos, comunicaciones, tesis, etc.). Toda publicación donde no figure dicha mención no debe ser adjuntada porque no será tomada en consideración. A cada publicación, asignarle un número e indicar el nombre de los autores en el mismo orden que figuran en ella, lugar donde fue publicada, volumen, página y año. A continuación, transcribir el resumen (abstract) tal como aparece en la publicación. La copia en papel de cada publicación se presentará por separado. Para cada publicación, el investigador deberá, además, aclarar el tipo o grado de participación que le cupo en el desarrollo del trabajo y, para aquellas en las que considere que ha hecho una contribución de importancia, deberá escribir una breve justificación.*

Trabajos en revistas

1. Fernández Moroni, G., Estrada, J., Cancelo, G., Holland, S., Paolini, E., Diehl, H. T. Sub-electron readout noise in a skipper CCD fabricated on high resistivity silicon, *Experimental Astronomy*, Vol. 34, No. 1, pp. 43-64. Publicado en línea el 6/05/2012, <http://rd.springer.com/article/10.1007/s10686-012-9298-x>
Abstract: The readout noise for Charge-Coupled Devices (CCDs) has been the main limitation when using these detectors for measuring small amplitude signals. A scientific CCD fabricated on a high-resistivity silicon substrate utilizing a floating gate amplifier with the capability of multiple sampling of the charge signal is described in this paper. The Skipper CCD architecture and its advantages for low noise applications are discussed. A technique for obtaining sub-electron readout noise levels is presented, and its noise and signal characteristics are derived. We demonstrate that with this procedure a very low readout noise of 0.2e⁻ RMS can be achieved. The contribution of other noise sources (output stage, vertical and horizontal charge transfer inefficiency, and dark current noise) are also considered. The optimum number of samples for achieving the total lowest possible noise level is obtained. This technique is applied to an X-rays experiment using a 55Fe source.
Participación: Colaboración en el análisis de las fuentes de ruido, en el desarrollo de la técnica de reducción de ruido, en el análisis de los resultados, y en la redacción final del trabajo.
2. Chierchie, F., Soto, A., Paolini, E. E., Oliva, A. Real-time low-distortion digital PWM modulator for switching converters, *International Review of Electrical Engineering (I.R.E.E.)*, ISSN: 1827-6660, vol. 7, No. 5, September-October 2012, pp. 5348-5358,
http://www.praiseworthyprize.org/latest_issues/IREE-latest/IREE_vol_7_n_5.html#Real-time_Low-Distortion_Digital_PWM_Modulator_for_Switching_Converters

Abstract: A compensation scheme to reduce the inherent baseband distortion in uniform PWM modulators (UPWM) is presented in this paper. The method is based on real-time mapping of the switching times of UPWM to those of natural PWM that, as it is well-known, exhibits far less in-band distortion. Two alternatives are presented: one based on an exact, analytic algorithm recently reported in the literature, and another one that uses an artificial neural network (ANN). Both methods are designed for arbitrary, band-limited modulating signals and they are not restricted to single-frequency sinusoids, as other techniques presented in the literature. Simulation results and experimental measurements of a FPGA implementation demonstrate a significant reduction of the distortion in real-time applications. The performance of both alternatives is compared for several modulating signals, and the results of industry-standard distortion tests are also reported. Finally, some guidelines for choosing the best alternative for ASIC or FPGA implementations are provided. Copyright © 2012 Praise Worthy Prize S.r.l. - All rights reserved

Participación: Idea general del trabajo, planteo de las experiencias, análisis de resultados, redacción final del trabajo.

3. Stefanazzi, L., Paolini, E. E., Oliva, A. R., Alias-free digital click modulator, IEEE Transactions on Industrial Informatics, ISSN: 1551-3203, Vol. 9, No. 2, pp. 1074-1083, 2013.

<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6317182>

Abstract: An alias-free, discrete-time click modulator is developed in this paper. Previous approaches rely on translating the continuous-time click modulator to a discrete-time setting, although a key component in the click modulator - the analytic exponential modulator - cannot be exactly transformed to the discrete domain. Every discrete-time version of the click modulator reported in the literature is prone to aliasing effects that are ameliorated, but not eliminated, using interpolation techniques. The precision of the switching times of the output square wave is critical to click modulation because uncertainties in their determination adversely affect the performance and SNR of the modulator. A novel method that uses frequency domain information to compute these switching times without error is also presented. This two techniques are used to develop an off-line discrete-time click modulator that achieves a SNR larger than 180 dB for both multitone and bandpass signals.

Participación: Idea general del trabajo, colaboración en el desarrollo del algoritmo, elección de los ensayos de prueba, análisis de resultados, organización y redacción final del trabajo.

4. Chierchie, F., Paolini, E. E., Real-time digital PWM with zero baseband distortion and low switching frequency, IEEE Transactions on Circuits and Systems I, ISSN 1549-8328, Vol. 60, No. 10, pp. 2752-2762, 2013.

<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6522826>

Abstract: A discrete-time pulse width modulator (PWM) with zero baseband distortion for arbitrary band-limited modulating signals is developed in this paper. It is based on adjusting the duty-cycles of the PWM such that the samples of an ideal low-pass filtered version of the PWM signal coincide with the discrete-time samples of the modulating signal. Elaborating on previous approaches in the literature, it is shown that this problem can be stated as a multidimensional inverse function approach, and therefore it can be solved using iterative methods. Starting with the duty-cycle values of a uniform PWM, the successive iterations provide slight duty-cycle corrections that, in the limit, result in zero baseband distortion even for low carrier-to-modulating frequency ratios. Aiming at a practical, real-time implementation two new results are

provided. First, explicit bounds on the improvement achievable after each duty-cycle correction are derived. Second, a block processing architecture suitable for real-time implementation is proposed, and the increase of distortion caused by its use is quantified. Several examples with typical band-limited signals demonstrate the performance of the algorithm.

Participación: Idea general del trabajo, planteo del problema, colaboración en el desarrollo del algoritmo, elección de los ensayos de prueba, análisis de resultados, organización y redacción final del trabajo.

Trabajos en Congresos

5. Santagni, E. P., Ceci, J., Paolini, E. E. Registrador de impactos en tres ejes para aplicaciones frutihortícolas, 23° Congreso Argentino de Control Automático AADECA 2012, 3 al 5 de Octubre de 2012, Buenos Aires, Argentina. Trabajo no. 112.

Resumen: Este trabajo detalla el diseño y calibración de un dispositivo experimental que permite registrar en tiempo real los impactos que sufren frutos y vegetales durante el período inmediatamente posterior a la cosecha. Este "fruto electrónico" se mezcla con los verdaderos, y sufre los mismos procesos que éstos (clasificación, lavado, transporte, etc.) Durante este período de tiempo registra la aceleración en tres ejes y la temperatura interna, almacenándolas en una memoria interna para su evaluación posterior. Se discute también un método de calibración tipo "caja negra" que permite determinar la ganancia del dispositivo, y referir las medidas de los sensores a una base ortogonal arbitraria ubicada convenientemente sobre el fruto. Se incluyen mediciones experimentales que muestran los resultados de la calibración y registros de impactos sobre diferentes superficies.

Participación: Guía en el desarrollo y construcción del dispositivo, planteo de las especificaciones, colaboración en los ensayos de calibración, análisis de resultados, organización y redacción final del trabajo.

6. Fernandez Moroni, G., Estrada, J., Cancelo, G., Paolini, E. Recent experimental developments on coherent neutrino-nucleus interactions and related aspects, NuInt12: Eighth International Workshop on Neutrino-Nucleus Interactions in the Few-GeV Region, Río de Janeiro, Brasil, 22 al 27 de Octubre de 2012.
<https://indico.fnal.gov/contributionDisplay.py?contribId=63&sessionId=22&confId=5361>

Abstract: In this article a new technique for neutrino detection using CCDs is presented. Since its invention as memory devices, CCDs have been widely used as imaging detectors because of their capability to obtain high resolution digital images of objects placed in its line of sight. In particular, scientific CCDs have been extensively used in ground and space-based astronomy and X-ray imaging. The combination of high detection efficiency, low noise, good spatial resolution, low dark current and the capability to make them thicker (more detection mass) has encouraged its use for the detection of other kind of particles such as neutrons, dark matter in DAMIC experiment, etc. In this article presents the analysis to extend its use to neutrino detection. In particular its capabilities are analyzed considering a source of low energy neutrino such as a nuclear reactor which produces antineutrinos up to 12MeV of energy. This also gives the bases for a new neutrino experiment called CONNIE to be installed a nuclear the Angra Nuclear Plant in Brazil in 2013.

Participación: Análisis de las fuentes de ruido, discusión y análisis de resultados, redacción final del trabajo.

7. Fernandez Moroni, G., Paolini, E. E., Estrada, J., Cancelo, G., Tiffenberg, J. Mejora en la eficiencia de detección de eventos puntuales en imágenes tomadas con dispositivos CCDs al utilizar información adicional sobre la difusión de las cargas en el sustrato, XV Reunión de Trabajo en Procesamiento de la Información y Control RPIC 2013, Bariloche Río Negro, 16 al 20 de Setiembre de 2013, pp. 995-999. (Trabajo Nro. 229)

Resumen: En este artículo se explica la utilización de información sobre difusión lateral y pixelización de la carga antes de ser capturada por los píxeles en detectores CCDs para mejorar significativamente la eficiencia de detección de eventos puntuales. Esta técnica se aplica en el empleo de CCDs para la detección de neutrinos proveniente de un reactor nuclear como parte del experimento CONNIE.

Participación: Propuesta y análisis del algoritmo, discusión y análisis de resultados, redacción final del trabajo.

8. Chierchie, F., Paolini, E. E., Modelo discreto no lineal de un sistema PWM con tiempo muerto, XV Reunión de Trabajo en Procesamiento de la Información y Control RPIC 2013, Bariloche Río Negro, 16 al 20 de Setiembre de 2013, pp. 983-988. (Trabajo Nro. 50)

Resumen: Se presenta en este trabajo un modelo no lineal discreto de un modulador por ancho de pulsos (PWM por sus siglas en inglés) con tiempo muerto, válido para señales arbitrarias de banda limitada y no necesariamente sinusoidales. Posee una estructura tipo Hammerstein generalizada con filtros FIR que modelan la memoria del sistema lo que permite simular de manera eficiente este tipo de sistemas. Debido a su estructura sencilla también puede considerarse su utilización en línea como modelo de referencia en sistemas adaptivos.

Participación: Idea general del trabajo, planteo del problema, colaboración en el desarrollo del modelo, análisis de resultados, organización y redacción final del trabajo.

7.2 TRABAJOS EN PRENSA Y/O ACEPTADOS PARA SU PUBLICACIÓN. *Debe hacer referencia exclusivamente a aquellos trabajos en los que haya hecho explícita mención de su calidad de Investigador de la CIC (Ver instructivo para la publicación de trabajos, comunicaciones, tesis, etc.). Todo trabajo donde no figure dicha mención no debe ser adjuntado porque no será tomado en consideración. A cada trabajo, asignarle un número e indicar el nombre de los autores en el mismo orden en que figurarán en la publicación y el lugar donde será publicado. A continuación, transcribir el resumen (abstract) tal como aparecerá en la publicación. La versión completa de cada trabajo se presentará en papel, por separado, juntamente con la constancia de aceptación. En cada trabajo, el investigador deberá aclarar el tipo o grado de participación que le cupo en el desarrollo del mismo y, para aquellos en los que considere que ha hecho una contribución de importancia, deberá escribir una breve justificación.*

9. Chierchie, F., Paolini, E. E., Stefanazzi, L., Oliva, A. R., "Simple Real-Time Digital PWM Implementation for Class-D Amplifiers With Distortion-Free Baseband". Aceptado para su publicación en IEEE Transactions on Industrial Electronics.

Abstract: A real-time, digital algorithm for pulse width modulation (PWM) with distortion-free baseband is developed in this paper. The algorithm not only eliminates the intrinsic baseband distortion of digital PWM but also avoids the appearance of side-band components of the carrier in the baseband even for

low switching frequencies. Previous attempts to implement digital PWM with these spectral properties required several processors due to their complexity; the proposed algorithm uses only several FIR filters and a few multiplications and additions and therefore is implemented in real time on a standard DSP. The performance of the algorithm is compared with that of uniform, double-edge PWM modulator via experimental measurements for several bandlimited modulating signals.

Participación: Idea general del trabajo, planteo del problema, colaboración en el desarrollo del algoritmo, elección de los ensayos de prueba, análisis de resultados, colaboración en las mediciones de laboratorio, organización y redacción final del trabajo.

10. Chierchie, F., Stefanazzi, L., Paolini, E. E., Oliva, A. R., "Frequency Analysis of PWM Inverters With Dead-Time for Arbitrary Modulating Signals". Aceptado para su publicación en IEEE Transactions on Power Electronics.

Abstract: The effect of dead-time on the spectrum of pulse-width modulated signals is analyzed in this paper. The study is valid for arbitrary, band-limited modulating signals, extending previous results in the literature. A simple distortion index is developed that can be used at the design stage to select dead-time or switching frequency based on maximum allowed distortion. Experimental results with various band-limited signals reveal a very good agreement between the theoretical results and the experiments.

Participación: Idea general del trabajo, planteo del problema, colaboración en el desarrollo de los algoritmos, elección de los ensayos de prueba, análisis de resultados, colaboración en las mediciones de laboratorio, organización y redacción final del trabajo.

11. Stefanazzi, L., Chierchie, F., Paolini, E. E., Oliva, A. R., "Low Distortion Switching Amplifier With Discrete-Time Click Modulation". Aceptado para su publicación en IEEE Transactions on Industrial Electronics.

Abstract: An all-digital Class-D amplifier based on a discrete-time implementation of the click modulator is presented. The algorithm is able to generate binary signals with separated baseband, displacing the harmonic content produced by the modulation process above certain frequency chosen by the designer. Perfect demodulation can be achieved by a simple low-pass filter. Previous implementations of the discrete-time click modulator reported in the literature suffer from aliasing in the frequency domain. The approach proposed here avoids aliasing, without the necessity to increase (interpolate) the sampling frequency of the signals. Following a brief theoretical introduction, the performance of the proposed architecture is demonstrated by experimental measurements performed on an H-bridge amplifier. An 88 dB signal-to-noise ratio (SNR) and a total harmonic distortion (THD) + N less than 0.04% is attainable over the entire audio band, extending from 20 Hz up to 20 kHz; on the other hand, no traces of IMD appear above the predicted noise floor. These performance indices are obtained for switching rates as low as 40 kHz. The reduction of the switching frequency provides more flexibility for the design of the demodulation stage allowing to trade off between the complexity of the demodulation filter and the achievable efficiency of the switching stage.

Participación: Idea general del trabajo, planteo del problema, colaboración en el desarrollo del algoritmo, elección de los ensayos de prueba, análisis de resultados, colaboración en las mediciones de laboratorio, organización y redacción final del trabajo.

7.3 TRABAJOS ENVIADOS Y AUN NO ACEPTADOS PARA SU PUBLICACION.

Incluir un resumen de no más de 200 palabras de cada trabajo, indicando el lugar al que han sido enviados. Adjuntar copia de los manuscritos.

12. Fernando Chierchie, Juan Cousseau, Eduardo E. Paolini, Stefan Werner, "Mitigation of pulse width modulation distortion using a digital predistorter based on memory polynomials". Enviado a Signal Processing, 27 de Febrero de 2014.
Abstract: This paper presents an adaptive digital predistorter (DPD) that significantly reduces the baseband distortion of digital pulse width modulation (PWM) typically used in switching amplifiers (class-D). By using a generalized Hammerstein model for PWM, we show that the contribution of the higher powers of the nonlinearity become negligible. Therefore, for practical application, only the first three or four odd powers should be retained. The convergence of the DPD is studied and the performance is demonstrated and compared with other approaches. Good results are obtained for typical signals and using low-order FIR filters in the DPD. Measurement results using a digital signal processor hardware are also presented to validate the approach
13. Gabriel Pachiana, J. Agustín Rodríguez, Eduardo E. Paolini, "Functional verification for FFT cores", enviado a EAMTA/CAMTA 2014 (9no Congreso argentino de micro-nanotecnología, tecnología y aplicaciones, Mendoza, Julio 19-26, 2014)
Abstract: This work presents an initial approach to the development of a component for black box functional verification of FFT cores. First, the definition of a coverage model based on equivalence partitioning and boundary value analysis of the input signal space allows to identify a set of test cases of interest. Then, the design and implementation of a SystemVerilog testbench is described and employed to stimulate three FFT IPs, performing a coverage driven verification procedure for checking performance, configurations and accuracy correctness.
14. Kevin Schroeder, Eduardo E. Paolini, "Desarrollo de un sistema embebido aplicado al deporte: smart racquet". Enviado al 24 Congreso Argentino de Control Automático, 27 al 29 de Octubre de 2014.
Resumen: En este trabajo se describe el diseño e implementación de un sistema embebido aplicado al tenis, que registra aspectos del juego para propósitos médicos, de desempeño o de entretenimiento. El hardware está alojado dentro del mango de una raqueta. El software incluye el del sistema embebido, y una aplicación móvil para Android que grafica en tiempo real los eventos que ocurren en la cancha y almacena los datos para análisis posterior. Las pruebas de campo muestran que los datos relevados permiten identificar el tipo de golpe, y a partir de ellos, se pueden calcular otros parámetros como tipo de efecto, potencia del golpe, etc.
15. Fernando Chierchie, Eduardo E. Paolini, "Modulación PWM digital con distorsión reducida y rechazo de fuente para amplificadores clase D". Enviado al 24 Congreso Argentino de Control Automático, 27 al 29 de Octubre de 2014.
Resumen: Se presenta un modelo discreto que describe tanto la no linealidad propia del modulador PWM como el efecto de incluir una perturbación en la amplitud de los pulsos que conforman a la señal PWM. Utilizando el modelo se muestra que un método generalmente utilizado para compensar esta perturbación, que consiste en mantener constante el área de los pulsos (igualado de áreas), no elimina completamente el error introducido. Se presenta un algoritmo que teóricamente permite determinar los ciclos de trabajo de

manera de eliminar simultáneamente los efectos de la no linealidad intrínseca del PWM y los efectos introducidos por la perturbación o variación de amplitud. Finalmente, basado en el algoritmo teórico se introduce un algoritmo capaz de operar en tiempo real. Se presentan resultados de simulación comparando los mismos con el método de igualado de áreas.

7.4 TRABAJOS TERMINADOS Y AUN NO ENVIADOS PARA SU PUBLICACION.
Incluir un resumen de no más de 200 palabras de cada trabajo.

16. Guillermo Fernandez Moroni, Juan Estrada, Gustavo Cancelo, Eduardo Paolini, Javier Tifenberg, Jorge Molina, "Charge Coupled Devices for detection of coherent neutrino-nucleus scattering". Enviado a Physical Review D.

Abstract: This article details the potential for using Charge Coupled Devices (CCD) to detect low-energy neutrinos through their coherent scattering with nuclei. The detection of neutrinos through this standard model process has not been accessible because of the small energy deposited in such interactions with the detector nuclei. Typical particle detectors have thresholds of a few keV, and most of the energy deposition expected from coherent scattering is well below this level. The devices we discuss can be operated at a threshold of approximately 30 eV, making them ideal for observing this signal. For example, the number of coherent scattering events expected on a 52 gram CCD array located next to a power nuclear reactor is estimated as approximately 626 events=year. The results of our study show that detection at a confidence level of 99% can be reached within three months for this kind of detector array.

7.5 COMUNICACIONES. *Incluir únicamente un listado y acompañar copia en papel de cada una. (No consignar los trabajos anotados en los subtítulos anteriores).*
No he realizado comunicaciones en este período

7.6 INFORMES Y MEMORIAS TECNICAS. *Incluir un listado y acompañar copia en papel de cada uno o referencia de la labor y del lugar de consulta cuando corresponda.*
No he realizado informes o memorias técnicas en este período

8. TRABAJOS DE DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS.

8.1 DESARROLLOS TECNOLÓGICOS. *Describir la naturaleza de la innovación o mejora alcanzada, si se trata de una innovación a nivel regional, nacional o internacional, con qué financiamiento se ha realizado, su utilización potencial o actual por parte de empresas u otras entidades, incidencia en el mercado y niveles de facturación del respectivo producto o servicio y toda otra información conducente a demostrar la relevancia de la tecnología desarrollada.*

En el marco del Proyecto TEAC (Plataforma Tecnológica para Sistemas de Tecnología Electrónica de Alta Complejidad, http://www.tecnopolisdelsur.com.ar/docs/TEAC_2011_rev01.pdf) se contó con una beca para el estudio de Sistemas dedicados de detección de metales, bajo al dirección del Dr. Pedro Julián y del Ing. Eduardo Paolini. El proyecto ha sido financiado por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT). El proyecto TEAC dentro del cual se llama a concurso esta beca prevé a la finalización de la beca (y culminación de la maestría/especialización), la oferta de un puesto laboral para desempeñar actividades en la Institución beneficiaria. Debido a esto, el becario deberá firmar un documento, a través del cual asumirá el compromiso de aceptar el cargo en la Empresa Apadrinadora (PENTA SA).

El objetivo es diseñar e implementar nuevas alternativas de detección en un sistema detector de metales como alternativa a la del sistema de circuito sintonizado clásico por procesamiento de variaciones de amplitud y fase. Se cuenta con la colaboración de la empresa Penta S. A. (<http://www.detectorespenta.com/>) de Bahía Blanca, especialista en detectores de metales con ventas a nivel nacional e internacional.

Se analizó la factibilidad de integrar parte del sistema con técnicas VLSI. En la actualidad, el becario Ing. Sergio Bernal ha diseñado como parte de su trabajo de maestría un circuito integrado de gran escala de integración, compuesto por dos integradores reseteables, dos chopeadores para invertir la señal de entrada, una serie de filtros pasa alto y pasa bajo y parte de la lógica necesaria para generar todos los temporizados de las llaves en un tamaño de 1,5mmx1,5mm, el que ha sido fabricado por la empresa MOSIS.

Se ha concluido con la etapa de ensayos preliminares, y las primeras pruebas son altamente auspiciosas, logrando incrementar la sensibilidad de detección en casi dos órdenes de magnitud. Restan realizar ensayos en profundidad en un equipo comercial, y explorar alternativas que permitan financiar la versión comercial del circuito integrado, dado que las licencias de software utilizadas para realizar el diseño sólo contemplan aplicaciones académicas.

8.2 PATENTES O EQUIVALENTES. Indicar los datos del registro, si han sido vendidos o licenciados los derechos y todo otro dato que permita evaluar su relevancia.

Se encuentra en etapa de evaluación una patente nacional basada en los desarrollos del trabajo 3.

8.3 PROYECTOS POTENCIALMENTE TRANSFERIBLES, NO CONCLUIDOS Y QUE ESTAN EN DESARROLLO. Describir objetivos perseguidos, breve reseña de la labor realizada y grado de avance. Detallar instituciones, empresas y/o organismos solicitantes.

No poseo

8.4 OTRAS ACTIVIDADES TECNOLÓGICAS CUYOS RESULTADOS NO SEAN PUBLICABLES (desarrollo de equipamientos, montajes de laboratorios, etc.).

No he realizado otras actividades tecnológicas cuyos resultados no sean publicables.

8.5 Sugiera nombres (e informe las direcciones) de las personas de la actividad privada y/o pública que conocen su trabajo y que pueden opinar sobre la relevancia y el impacto económico y/o social de la/s tecnología/s desarrollada/s.

Ing. Daniel Etcheto, Penta S.A., Zelarrayán 887, B8000CEQ Bahía Blanca, Argentina, Tel/Fax 54-291-4550311, 54-11-53539847, email: info@pentasa.com.ar

9. SERVICIOS TECNOLÓGICOS. Indicar qué tipo de servicios ha realizado, el grado de complejidad de los mismos, qué porcentaje aproximado de su tiempo le demandan y los montos de facturación.

No he realizado servicios tecnológicos en este período.

10. PUBLICACIONES Y DESARROLLOS EN:

10.1 DOCENCIA

Elaboración de los apuntes (aprox. 700 páginas), ejercicios, demostrativos, laboratorios y pagina web de la materia Procesamiento Digital de Señales, cód. 2803, Departamento de Ingeniería Eléctrica y de Computadoras, Universidad Nacional del Sur. Página web:

1. <https://sites.google.com/site/2803pds/>
2. <https://moodle.uns.edu.ar/catedras/course/view.php?id=658>

10.2 DIVULGACIÓN

No he realizado publicaciones de divulgación en este período

11. DIRECCION DE BECARIOS Y/O INVESTIGADORES. *Indicar nombres de los dirigidos, Instituciones de dependencia, temas de investigación y períodos.*

- Director del Ing. Fernando Chierchie, becario de Iniciación a la Investigación para Egresados, UNS. Tema: "Aplicaciones de técnicas de control en amplificadores de audio de alta eficiencia y baja distorsión". Período: 1 de abril de 2009 a 31 de Marzo de 2011.
- Director del Ing. Guillermo Fernández Moroni, becario de Iniciación a la Investigación para Egresados, UNS. Tema: "Técnicas de instrumentación y procesamiento de señales para mediciones con bajo nivel de ruido". Período: 1 de abril de 2010 a 31 de Marzo de 2011.
- Director del Mg. Fernando Chierchie, Becario Interno de Postgrado tipo I CONICET. Tema: "Análisis y reducción de la distorsión para técnicas de modulación de pulsos". Período: 1 de abril de 2011 a 31 de Marzo de 2014.
- Director del Ing. Guillermo Fernández Moroni, Becario Interno de Postgrado tipo I CONICET. Tema: "Diseño e implementación de sistemas de lectura de CCDs de bajo ruido". Período: 1 de abril de 2011 a 31 de Marzo de 2014.
- Co-Director del Mg. Leandro Stefanazzi, Becario Interno de Postgrado tipo II CONICET. Tema: "Amplificadores conmutados con modulación click". Período: 1 de abril de 2011 a 31 de Marzo de 2013. Director: Dr. Alejandro R. Oliva.
- Co-Director del Ing. Franco Gentile, Becario Interno de Postgrado tipo II CONICET. Tema: "Dinámica de sistemas ingenieriles con retardos temporales". Período: 1 de abril de 2011 a 31 de Marzo de 2013. Director: Dr. Jorge Luis Moiola.
- Director del Mg. Fernando Chierchie, Becario Interno de Postgrado tipo II CONICET. Tema: "Análisis y reducción de la distorsión para técnicas de modulación de pulsos". Período: 1 de abril de 2014 a 31 de Marzo de 2016.
- Director del Ing. Guillermo Fernández Moroni, Becario Interno de Postgrado tipo II CONICET. Tema: "Diseño e implementación de sistemas de lectura de CCDs de bajo ruido". Período: 1 de abril de 2014 a 31 de Marzo de 2016.

12. DIRECCION DE TESIS. *Indicar nombres de los dirigidos y temas desarrollados y aclarar si las tesis son de maestría o de doctorado y si están en ejecución o han sido defendidas; en este último caso citar fecha.*

Tesis Terminadas

- Codirección del trabajo de tesis doctoral del Ing. Franco Gentile. Programa: Doctorado en Control de Sistemas. Categoría CONEAU: "A". Defendida el 14 de Marzo de 2012. Tema: "Dinámica de sistemas ingenieriles con retardo temporales". Director: Dr. Jorge Luis Moiola.

- Codirector del trabajo de tesis doctoral del Mg. Leandro Stefanazzi Programa: Doctorado en Ingeniería. Categoría CONEAU: "A". Defendida el 17 de Mayo de 2013. Tema: "Amplificadores conmutados con modulación click". Director: Dr. Alejandro R. Oliva.

Tesis en ejecución:

- Director de tesis de doctorado del Ing. Guillermo Fernández Moroni, becario interno de posgrado tipo I (CONICET). Codirector: Dr. Juan Estrada (Fermilab). Tema: "Diseño e implementación de sistemas de lectura de CCDs de bajo ruido". Fecha de inicio: 1 de abril de 2011.
- Director de tesis de doctorado del Mg. Fernando Chierchie, becario interno de posgrado tipo I (CONICET). Tema "Análisis y reducción de la distorsión para técnicas de modulación de pulsos". Fecha de inicio: 1 de abril de 2011.
- Codirección del trabajo de tesis doctoral del Ing. Alfredo Falcón. Programa: Doctorado en Control de Sistemas. Categoría CONEAU: "A". Tema: "Circuitos Integrados para Procesamiento de Señal en Comunicaciones". Director: Dr. Pablo S. Mandolesi. Fecha de inicio: 1 de diciembre de 2010.
- Director de tesis de Maestría del Ing. Sergio Bernal. Programa: Maestría en ingeniería. Categoría CONEAU: B. Tema: "Sistema de detección mejorado para detector industrial de metales". Fecha de inicio: 8 de Mayo de 2012.
- Director de tesis de Maestría del Lic. Gabriel Pachiana. Programa: Maestría en ingeniería. Categoría CONEAU: B. Tema: "Técnicas de verificación orientadas a sistemas de procesamiento de señales". Fecha de inicio: Febrero de 2013.

13. PARTICIPACION EN REUNIONES CIENTIFICAS. *Indicar la denominación, lugar y fecha de realización, tipo de participación que le cupo, títulos de los trabajos o comunicaciones presentadas y autores de los mismos.*

No recuerdo haber asistido a reuniones científicas durante este período, aunque he participado activamente como miembro del comité académico y revisor de trabajos en AADECA 2012, EAMTA 2012, 2013, 2014, RPIC 2013, ARGENCON 2014.

14. CURSOS DE PERFECCIONAMIENTO, VIAJES DE ESTUDIO, ETC. *Señalar características del curso o motivo del viaje, período, instituciones visitadas, etc.*

No he realizado cursos de perfeccionamiento ni viajes de estudio en este período.

15. SUBSIDIOS RECIBIDOS EN EL PERIODO. *Indicar institución otorgante, fines de los mismos y montos recibidos.*

- 1 Subsidios a Proyectos de Investigación. UNS. Secretaría General de ciencia y tecnología. Proyecto: Reducción de la distorsión en amplificadores conmutados. Período: 1/1/2010 a 31/12/2011. Monto: \$2224,97 (primera cuota) y \$1983,70 (segunda cuota)
2. Subsidios a Proyectos de Investigación. UNS. Secretaría General de ciencia y tecnología. Proyecto: Reducción de ruido y distorsión en sistemas electrónicos. Período: 1/1/2012 a 31/12/2015. Monto: \$6683,00 (primera cuota) y \$ 1714.00 (segunda cuota)
3. Subsidio Institucional para investigadores CIC (res. 243/13). Monto: \$6500,00

16. OTRAS FUENTES DE FINANCIAMIENTO. *Describir la naturaleza de los contratos con empresas y/o organismos públicos.*

No cuento con otras fuentes de financiamiento

17. DISTINCIONES O PREMIOS OBTENIDOS EN EL PERIODO.

No he recibido distinciones o premios en este período.

18. ACTUACION EN ORGANISMOS DE PLANEAMIENTO, PROMOCION O EJECUCION CIENTIFICA Y TECNOLÓGICA. *Indicar las principales gestiones realizadas durante el período y porcentaje aproximado de su tiempo que ha utilizado.*

No he tenido actuación en organismo de planeamiento, promoción o ejecución científica y tecnológica en este período.

19. TAREAS DOCENTES DESARROLLADAS EN EL PERIODO. *Indicar el porcentaje aproximado de su tiempo que le han demandado.*

Dictado del curso de pregrado "Procesamiento Digital de Señales", todos los años en el primer cuatrimestre, y se repite en el segundo cuatrimestre. Me insume 8 hs. semanales frente a alumnos, y unas 4 hs. adicionales de preparación (apuntes, página web, desarrollo de laboratorios, corrección de trabajos prácticos, etc.). En total me insume aproximadamente un 30% de mi tiempo.

También he dirigido los siguientes proyectos finales de carrera durante este período:

- Dirección del Proyecto Final de Carrera "Cancelación activa de ruido mediante utilización de filtros adaptivos en auriculares", Sr. Ariel Oroz, primer cuatrimestre de 2013.
- Dirección del Proyecto Final de Carrera "Amplificador de audio clase D", Sr. Pablo Role, primer cuatrimestre de 2013.
- Dirección del Proyecto Final de Carrera "Simulación e implementación en tiempo real de síntesis de sonido 3D", Sr. Daher Salim, segundo cuatrimestre de 2013.

Estas tareas me insumen unas 8 hs semanales, un 20% de mi tiempo. En total, las tareas de docencia me demandan un 50% de mi tiempo.

20. OTROS ELEMENTOS DE JUICIO NO CONTEMPLADOS EN LOS TITULOS ANTERIORES. *Bajo este punto se indicará todo lo que se considere de interés para la evaluación de la tarea cumplida en el período.*

Categoría equivalente de Investigación: II (2/VIII/05). Categorización efectuada por la Comisión Regional de Categorización.

Participación actual en proyectos de investigación:

1. ANÁLISIS Y CONTROL DE OSCILACIONES CON APLICACIONES EN INGENIERÍA (24/K052) Inicio: 1/1/2011, finalización: 31/12/14. Acreditado en el Programa de Incentivos. Director: Dr. Jorge Luis Moiola. Rol en el proyecto: Co-Director.

Resumen: En este proyecto se abordará el análisis de la dinámica y caracterización de bifurcaciones en sistemas dinámicos continuos, discretos y con retardos temporales. Se busca desarrollar herramientas que permitan alertar sobre la aparición de oscilaciones que resultan imposibles de predecir con técnicas de análisis lineales. En los casos donde las oscilaciones constituyan un efecto no deseado y donde no sea posible suprimir la dinámica no lineal se utilizará el

conocimiento de su comportamiento para auxiliar en el diseño de leyes de control eficaces.

2. REDUCCIÓN DE RUIDO Y DISTORSION EN SISTEMAS ELECTRÓNICOS (24/K055) Inicio: 1/1/2012, finalización: 21/12/2015. Acreditado en el Programa de Incentivos. Rol en el proyecto: Director. Co-Director: Dr. Alejandro R. Oliva.

Resumen: El plan de trabajo se articula sobre dos líneas: (1) Reducción de la distorsión en amplificadores conmutados, aplicando técnicas de procesamiento de señales para mejorar la respuesta espectral de amplificadores de alta eficiencia. (2) Reducción de ruido y distorsión en sistemas de lectura de CCDs (Charge Coupled Devices). desarrollando e implementando técnicas de lectura de detectores de imágenes basados en CCD para lograr mediciones con bajo nivel de ruido y distorsión, cubriendo tanto nuevos esquemas de hardware para la adquisición de la señal, como así también técnicas de procesamiento para disminuir el ruido de lectura de las imágenes tomadas.

21. TÍTULO Y PLAN DE TRABAJO A REALIZAR EN EL PROXIMO PERIODO.

Desarrollar en no más de 3 páginas. Si corresponde, explicita la importancia de sus trabajos con relación a los intereses de la Provincia.

Título: Reducción de ruido y distorsión en sistemas electrónicos.

La labor a desarrollar durante el próximo período seguirá orientada en dos líneas principales:

- Reducción de la distorsión en amplificadores conmutados, y
- Reducción de ruido y distorsión en sistemas de lectura de CCDs (Charge Coupled Devices).

Estas dos líneas se vinculan en la utilización de herramientas similares de procesamiento de señales, y en los fundamentos electrónicos subyacentes.

En la actualidad, unas de las premisas básicas del diseño electrónico es reducir al mínimo el consumo de potencia del propio dispositivo. Las aplicaciones incluyen convertidores de potencia (convertidores CC/CA, monofásicos o trifásicos) (Holmes y Lipo, 2003) amplificadores de potencia (para RF o audio), dispositivos médicos portables y en general cualquier sistema que permita lograr una amplificación de potencia o conversión de una forma de energía a otra.

Una de las formas de disminuir el consumo es modulando la señal para transformarla en una señal binaria. La más conocida es la modulación por ancho de pulsos (MAP), que originariamente se obtenía al comparar la señal moduladora con una portadora con forma de rampa de frecuencia mayor (MAP natural). El paso del tiempo condujo a un esquema discreto más adecuado para implementar con procesadores digitales, modalidad se conoce como MAP uniforme, de simple o doble rampa, respectivamente.

Aunque la MAP natural y la MAP uniforme parecen similares, sus espectros son bastante diferentes. El primer estudio analítico para el caso de una señal moduladora de frecuencia única se debe a Black (1953). Sólo recientemente Song y Sarwate (2003) obtuvieron la forma analítica del espectro de señales arbitrarias, de banda limitada. Sus estudios muestran que es posible obtener una señal MAP natural de la cual se pueda recuperar la señal moduladora original con baja distorsión. Sin embargo, la distorsión está siempre presente en el caso de modulación uniforme.

Desde hace tiempo (Mananov, 1967), se ha tratado de obtener desempeños similares a los de la MAP natural utilizando MAP uniforme. Las soluciones propuestas utilizan interpolación lineal (Gwee et al., 2003) y lineal ponderada (Leigh et al., 1990),

aproximaciones de mayor orden combinados con métodos tipo Newton-Raphson (Goldberg y Sandler, 1991), interpoladores de orden fraccionario (Jung et al., 2004), combinaciones de etapas de sobremuestreo con aproximaciones usando polinomios de Lagrange (Adrian et al., 2005), entre otras. En línea con los desarrollos comentados en el párrafo anterior, Nguyen y Sarwate (2006) proponen predistorcionar la señal moduladora, resolviendo el problema de interpolación e intersección de manera conjunta. Este problema sigue concitando el interés de los especialistas en la actualidad (Fedele et al., 2010).

Sin embargo, ninguno de estos métodos resuelven el problema de fondo, ya que aún para la MAP natural existe distorsión en la banda base. Una formulación más elaborada del proceso de modulación binario se basa en las propiedades de las señales pasabanda, que salvo un factor de escala, pueden representarse unívocamente a través de los cruces por cero de una señal auxiliar (Kumaresan, 2001). Una aplicación de este enfoque, derivada de la teoría de los ceros de funciones enteras es la "modulación click" (Logan, 1984). La ventaja principal es que la señal demodulada tiene distorsión nula en banda base y además se puede especificar una banda de guarda libre de distorsión, desplazando el ruido a un rango de frecuencias por encima de la banda de interés. El inconveniente es que el mapeo necesario para producir la modulación es suficientemente complejo como para ser implementado en tiempo real (Oliva et al, 2005). Además, es necesario conocer con gran precisión los instantes en que se producen los cambios de signo (Fernandez Moroni y Paolini, 2009; Stefanazzi et al., 2008) para evitar alteraciones indeseadas del espectro de la señal demodulada. Sin embargo, el mapa inverso o demodulador es de implementación muy sencilla, y generalmente basta con un filtro pasabajos.

El propósito del plan de trabajo es diseñar algoritmos que, procesando la señal moduladora y alterando el método de modulación, permitan reducir la distorsión en banda base de la señal demodulada. El grupo de trabajo tiene experiencia tanto en el estudio de la respuesta espectral de estas señales (Chierchie y Paolini, 2011), como en métodos alternativos de modulación (Oliva et al, 2005; Stefanazzi et al, 2007a, 2007b, 2008). El objetivo de esta propuesta es unir ambos enfoques a fin de obtener un método sencillo de implementar en procesadores digitales de señales, con un nivel de distorsión pre-especificado en banda base. En este enfoque también se tendrán en cuenta fenómenos reales que en general aumentan el nivel de distorsión, como por ejemplo el retardo entre el encendido y apagado de los semiconductores de potencia (retardos, tiempos muertos, etc.) (Chierchie y Paolini, 2010) variaciones de tensión de la fuente de alimentación, etc.

En general, aunque esta línea enfatiza las aplicaciones de audio, el campo de trabajo se puede aplicar, con ligeras variantes, a varias aplicaciones industriales de interés, como convertidores de energía, inversores de potencia, generadores de formas de onda arbitrarias de gran eficiencia, control de motores, etc., que en general están diseñados para trabajar en un ancho de banda más angosto.

Con respecto a la segunda línea, el objetivo general es el desarrollo e implementación de nuevas técnicas de lectura de detectores de imágenes basados en CCD (Charge Coupled Device), de manera de obtener mediciones con bajo nivel de ruido y distorsión. Se pretende desarrollar métodos que abarquen desde nuevos esquemas de hardware para la adquisición de la señal de video de salida del detector, como así también técnicas de procesamiento digital sobre las señales adquiridas, que permitan disminuir el ruido de lectura de las imágenes tomadas. La implementación de los procesamientos en forma digital, hace posible obtener aplicativos de relativo bajo costo y fácil incorporación a los sistemas actuales.

En la actualidad se persigue el desarrollo de esquemas que aumenten la relación señal a ruido de la señal de video a la salida del CCD antes de la lectura. Este enfoque es de gran interés porque permite reducir niveles de ruido cualquiera sea el detector utilizado. Se aspira a desarrollar una técnica de procesamiento que provea reducciones adicionales a los sistemas de lectura estándar de forma de alcanzar un ruido de lectura por debajo de 1 electrón RMS, que sea de implementación sencilla en nuevos sistemas de detectores CCD y fácil de adaptar a sistemas ya existentes.

Las aplicaciones potenciales son variadas: astronomía (McLean, 2008), toma de imágenes satelitales (Qiang Wu, 2009), espectrografía de alta resolución, etc. Las técnicas de lectura de bajo ruido desarrolladas en el marco de este plan de trabajo serán implementadas en colaboración con el grupo de Fermilab en un proyecto de investigación sobre detección directa de materia oscura (Estrada, 2010), y en la detección de neutrinos producidos por el funcionamiento de reactores nucleares. La característica principal de las partículas a detectar es su baja interacción con la materia, y puede resultar totalmente imperceptible por el ruido de lectura del CCD; de aquí la importancia de técnicas de lectura con alta relación señal a ruido.

Las finalidades específicas son estudiar y modelar las fuentes de ruido y distorsión del CCD y sus sistemas anexos, aplicando técnicas de procesamiento de señales, y estrategias de implementación que mejor traduzcan los desarrollos teóricos en aplicativos y comprometan en la menor manera posible los costos de la implementación. El objetivo final del desarrollo es la actualización de un sistema de detectores CCD en colaboración con Fermilab (Fermi National Laboratory, Chicago, Estados Unidos), para disminuir el ruido de lectura y los errores producidos por radiación en la electrónica asociada. Este plan de trabajo queda incluido dentro del marco de un proyecto de colaboración internacional con el grupo de trabajo formado por los Dres. Juan Cruz Estrada Vigil, Gustavo Cancelo, Thomas Diehl, actualmente trabajando en Fermilab.

Un miembro del grupo de investigación (G. Fernández Moroni) tomó contacto con estas tecnologías y procedimientos durante una estadía en el Fermilab (Chicago, EE. UU), obteniendo mejoras adicionales al sistema detector estándar, las cuales fueron presentadas en su tesis de grado (Fernández Moroni, 2010). Esta colaboración se repetirá durante el período de ejecución de este proyecto, etapa donde se ensayarán algunas mejoras del algoritmo.

Referencias

- Adrian V., Gwee B.-H., Chang J. S. A combined interpolatorless interpolation and high accuracy sampling process for digital class D amplifiers. IEEE International Symposium on Circuits and Systems ISCAS 2005, Kobe, Japón. Vol. 6, 5405–5408, 2005.
- Black H. B. Modulation Theory. van Nostrand, Princeton, NJ, 1953.
- Chierchie, F., Paolini, E. E. Analytical and numerical analysis of dead-time distortion in power inverters. Aceptado en Conf. of the Argentine School of Micro-Nanoelectronics, Technology and Applications CAMTA-CUMTA 2010, Montevideo, 2010a.
- Chierchie, F., Paolini, E. E., Quasi analytical spectrum of PWM signals with dead-time for multiple sinusoidal input, IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS 2011), Río de Janeiro, Brasil, 15 al 18 de Mayo de 2011, ISBN: 978-1-4244-9474-3, Paper ID. 1228, pp. 1033-1036.
- Estrada, J. C.; Low threshold Dark Matter Search with CCDs-Damic, Center for Particle Astrophysics, Fermilab, 2010.
- Fedele G., Frascino D. Spectral analysis of a class of dc-ac PWM inverters by Kapteyn series. IEEE Trans. Power Electron. 25(4):839–849, 2010.

- Fernández Moroni, G., Paolini, E. E. Nuevos resultados en la implementación fuera de línea de un modulador click para señales de audio, XIII Reunión de Trabajo en Procesamiento de la Información y Control RPIC 2009, Rosario, Santa Fe, 1151-1156, 2009.
- Fernández Moroni, G. Sistemas de Lectura de CCD de Bajo Ruido, Proyecto final de carrera, UNS, marzo de 2010.
- Foong, H. C., Tan, M. T. An analysis of THD in class D amplifiers, IEEE Asia-Pacific Conference on Circuits and Systems APCCAS 2006, Singapur, 724–727, 2006.
- Goldberg J. M., Sandler M. B. Pseudonatural pulse width modulation for high accuracy digital-to-analogue conversion. Electronics letters, 27(16):1491–1492, 1991.
- Gwee B.-H., Chang J. S., Adrian V., Amir H. A novel sampling process and pulse generator for a low distortion digital pulse-width modulator for digital class D amplifiers. 2003 Int. Symp. Circ. Syst. ISCAS '03, Bangkok, Tailandia, Vol. 4, 504-507, 2003.
- Holmes D. G., Lipo T. A. Pulse width modulation for power converters: principles and practice. Wiley-IEEE Press, 2003.
- Jung J.-W., Hawksford M. J. An oversampled digital pwm linearization technique for digital to analog conversion. IEEE Trans. Circ. Syst. I, 51(9):1781–1789, 2004.
- Kumaresan, R., Wang, Y. On representing signals using only timing information. J. Acoust. Soc. Am., 110 (5), Pt. 1, 2421-2439, 2001.
- Leigh S., Mellor P., Cheetham B. Distortion minimisation in pulse width modulated systems using a digital sampling process. Electron. Lett. 26(16):1310–1311, 1990.
- Logan B. F. Click modulation. AT&T Bell Lab. Tech. J., 63:401-423, 1984.
- Mananov V. V. Single-polarity pulse-width modulation of the third kind. Telecomm. Rad. Eng, 22(2):67–71, 1967.
- McLean, I. Electronic Imaging in Astronomy – Detectors and Instrumentation, 2da ed., Springer-Praxis, 2008.
- Nguyen K., Sarwate D. Up-sampling and natural sample value computation for digital pulse width modulators. 40th Annual Conf. Inf. Sci. Syst., Princeton, 1096–1101, 2006.
- Oliva, A. R., Paolini, E. E., Ang, S. S. A new audio format for low-cost, high-fidelity, portable audio amplifiers. Texas Instruments Inc. white paper, SPRY076, 2005.
- Qiang Wu; Yaobin Chi; Zhiyong Wang; CCD Noise Effect on Data Transmission Efficiency of Onboard Lossless-Compressed Remote Sensing Images, International Conference on Information Engineering and Computer Science ICIECS 2009. pp.1-4, 19-20 Dec. 2009.
- Song Z., Sarwate D. V. The frequency spectrum of pulse width modulated signals. Signal Processing, 83(10):2227–2258, 2003.
- Stefanazzi, L., Oliva, A. R., Paolini, E. E., Nuevo formato de audio para amplificadores conmutados. 2da Escuela Argentina de Microelectrónica, Tecnología y Aplicaciones 2007 EAMTA 07, Córdoba, Argentina. ISBN: 978-987-1171-78-1, pp. 11-14, 2007a.
- Stefanazzi, L., Oliva, A. R., Paolini, E. E., Modulación click para amplificadores de audio conmutados, XII Reunión de Trabajo en Procesamiento de la Información y Control RPIC 2007, Río Gallegos, Santa Cruz. ISBN: 978-987-1242-23-8, ref. 229, 2007b.
- Stefanazzi, L., Paolini, E. E., Oliva, A. R., Click modulation: an off-line implementation. 51st IEEE Int. Midwest Simp. Circ. Syst. MWSCAS 2008, Knoxville, 946-949, 2008.

Condiciones de la presentación:

- A. El Informe Científico deberá presentarse dentro de una carpeta, con la documentación abrochada y en cuyo rótulo figure el Apellido y Nombre del Investigador, la que deberá incluir:
- Una copia en papel A-4 (puntos 1 al 21).
 - Las copias de publicaciones y toda otra documentación respaldatoria, en otra carpeta o caja, en cuyo rótulo se consignará el apellido y nombres del investigador y la leyenda "Informe Científico Período".
 - Informe del Director de tareas (en los casos que corresponda), en sobre cerrado.
- B. Envío por correo electrónico:
- Se deberá remitir por correo electrónico a la siguiente dirección: ininvest@cic.gba.gob.ar (puntos 1 al 21), en formato .doc zipeado, configurado para papel A-4 y libre de virus.
 - En el mismo correo electrónico referido en el punto a), se deberá incluir como un segundo documento un currículum resumido (no más de dos páginas A4), consignando apellido y nombres, disciplina de investigación, trabajos publicados en el período informado (con las direcciones de Internet de las respectivas revistas) y un resumen del proyecto de investigación en no más de 250 palabras, incluyendo palabras clave.
- C. Sistema SIBIPA:
- Se deberá peticionar el informe en la modalidad on line, desde el sitio web de la CIC, sistema SIBIPA (ver instructivo).

Nota: El Investigador que desee ser considerado a los fines de una promoción, deberá solicitarlo en el formulario correspondiente, en los períodos que se establezcan en los cronogramas anuales.