

# CARRERA DEL INVESTIGADOR CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO

## Informe Científico<sup>1</sup>

PERIODO <sup>2</sup>: 2014-2015

### 1. DATOS PERSONALES

*APELLIDO:* Paolini  
*NOMBRES:* Eduardo Emilio  
*Dirección Particular:*  
*Localidad:* (B8000CPB) Bahía Blanca  
*Dirección electrónica:* [epaolini@uns.edu.ar](mailto: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:* 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 N°: 1253  
*Localidad:* (B8000CPB) Bahía Blanca, tel: (0291) 4595154  
*Cargo que ocupa:* Profesor Adjunto

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

*Apellido y Nombres:*  
*Dirección Particular: Calle:* N°:  
*Localidad:* *CP:* *Tel:*  
*Dirección electrónica:*

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

.....  
Firma del Investigador

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

<sup>2</sup> 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. RESUMEN DE LA LABOR QUE DESARROLLA

*Descripción para el repositorio institucional. Máximo 150 palabras.*

El área de trabajo es el análisis, modelado y control de sistemas electrónicos, y en particular la aplicación de técnicas de procesamiento de señales para reducir el ruido y/o eliminar la distorsión en esta clase de sistemas. Estas líneas de trabajo se aplican en la síntesis de señales analógicas utilizando señales binarias, en el desarrollo de técnicas de modulación de ancho de pulso sin distorsión en banda base para amplificadores de potencia para audio y comunicaciones, y en la lectura de CCDs científicos para la detección de neutrinos generados por reactores nucleares, como parte de una colaboración con el Fermi National Laboratory (Chicago, EE.UU.).

## 7. 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 se continuó la orientación de las investigaciones en dos líneas:

- síntesis de señales analógicas utilizando señales binarias ("1"/"0"),
- reducción de ruido de lectura de CCDs científicos aplicados para la detección de neutrinos,

utilizando técnicas de procesamiento digital de señales.

En la primera línea se intenta sintetizar señales con un determinado contenido espectral utilizando señales binarias, que son óptimas para obtener alta eficiencia energética. Entre las aplicaciones merecen destacarse el diseño de amplificadores conmutados, sistemas de telecomunicaciones, etc. En todos los casos, se supone que los datos de entradas son señales muestreadas (digitales), como es habitual en las aplicaciones electrónicas actuales

Se han explorado dos métodos para conseguir estos objetivos: (1) la modulación "click", donde el planteo se realiza en el dominio frecuencial, buscando que el espectro de la señal binaria sea idéntico al de la señal moduladora en la banda de interés, y (2) técnicas de compensación de moduladores por ancho de pulsos (MAP o PWM por sus siglas en inglés) que hemos desarrollado en el dominio temporal, buscando que las muestras de la señal binaria filtrada sean idénticas a la de la señal moduladora. Los resultados obtenidos hasta ahora han sido ampliamente satisfactorios, siempre buscado obtener desarrollos prácticos, que puedan ser implementados en procesadores digitales de señales o FPGAs, etc. Los resultados de estas investigaciones se sintetizan en las publicaciones 1 y 2. En las publicaciones 3 y 7 se estudian los problemas causados por incertezas en los tiempos de conmutación o variaciones en la tensión de alimentación. Una extensión de estas ideas para el campo de las comunicaciones se explora en el trabajo 4. Algunos resultados teóricos del método (2) se detallan en la publicación 10.

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) para detectar partículas elementales. En este momento las investigaciones están orientadas a la detección de neutrinos provenientes del núcleo de reactores en centrales nucleares, y en la actualidad un prototipo está ubicado en la central nuclear Almirante Alvaro Alberto en Angra do Reis, Brasil. En esta línea participa un grupo internacional de investigadores, liderados por científicos de la UNS y Fermilab. La clave está en conseguir bajos ruidos de lectura de los CCDs, y en lograr distinguir los eventos producidos por neutrinos de otros eventos más frecuentes. Los resultados obtenidos hasta ahora son muy alentadores: el

análisis de factibilidad del empleo de la tecnología para este fin se analiza en el trabajo 5, y un modelo de la interacción producida por neutrinos en CCDs a fin de facilitar su detección se estudia en la publicación 8.

Estas dos líneas de trabajo han resultado en la realización de las tesis doctorales del Mg. Fernando Chierchie (línea 1) y del Ing. Guillermo Fernández Moroni (línea 2) que fueron finalizadas en 2015 y defendidas en febrero de 2016

A partir de mi experiencia en el área de Procesamiento Digital de Señales el Ing. Gabriel Pachiana Caba ha estudiado la verificación funcional (tipo "caja gris") de implementaciones en hardware de algoritmos de procesamiento de señales, en especial filtros FIR y transformadas de Fourier, resultado en la culminación de su tesis de maestría en noviembre de 2015.

Mis tareas docentes en este área han resultado en la elaboración 7 tesinas finales de carrera (indicadas en el punto 20), una de las cuales fue presentada en un congreso nacional de la especialidad.

## 8. TRABAJOS DE INVESTIGACION REALIZADOS O PUBLICADOS EN ESTE PERIODO.

**8.1 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.*

1. Leandro Stefanazzi; Fernando Chierchie; Eduardo E. Paolini; Alejandro R Oliva. Low distortion switching amplifier with discrete-time click modulation. *IEEE Transactions On Industrial Electronics*. New York: 2014 vol.61 n°7. p. 3511 - 3518. ISSN 0278-0046.

**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.

2. Fernando Chierchie; Eduardo E. Paolini; Leandro Stefanazzi; Alejandro R. Oliva. Simple Real-Time Digital PWM Implementation for class-D Amplifiers with Distortion-free Baseband. *IEEE Transactions On Industrial Electronics*. New York: 2014 vol.61 n°10. p. 5472 - 5479. ISSN 0278-0046.

**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.

3. Fernando Chierchie; Leandro Stefanazzi; Eduardo E. Paolini; Alejandro R. Oliva. Frequency analysis of PWM inverters with dead-time for arbitrary modulating signals. *IEEE Transactions On Power Electronics*. New York: 2014 vol.29 n°6. p. 2850 - 2860. ISSN 0885-8993.

**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, colaboración en el desarrollo matemático y en el análisis de los resultados, revisión de la redacción final del trabajo.

4. Fernando Chierchie; Juan E. Cousseau; Eduardo E. Paolini; Stefan Werner. Mitigation of pulse-width-modulation distortion using a digital predistorted based on memory polynomials. *Signal Processing*. Amsterdam: Elsevier Science Bv. 2016 vol.120 n°. p. 562 - 571. ISSN 0165-1684.

**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 (class-D) amplifiers. A generalized Hammerstein structure (also known as power filter) composed by static nonlinearities and FIR filters is used to model the baseband behavior of PWM. We show that the contribution of the higher order terms of the nonlinearity are negligible and therefore, for practical applications, 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 even when using low-order FIR filters in the DPD. Measurement results obtained using a digital signal processor

are also presented aiming to validate the proposed approach.

**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.

5. Guillermo Fernández Moroni; Juan Estrada; Eduardo E. Paolini; Gustavo Cancelo; Javier Tiffenberg; Jorge Molina. Charge coupled devices for detection of coherent neutrino-nucleus scattering. *Physical Review D*. New York: Amer Physical Soc. 2015 vol.91 n°0720. p. 1 - 9. ISSN 1550-7998.

**Abstract:** In this article the feasibility of using charge coupled devices (CCD) to detect low-energy neutrinos through their coherent scattering with nuclei is analyzed. The detection of neutrinos through this standard model process has been elusive because of the small energy deposited in such interaction. 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 CCD detectors discussed in this paper can operate at a threshold of approximately 30 eV, making them ideal for observing this signal. On a CCD array of 500 g located next to a power nuclear reactor the number of coherent scattering events expected is about 3000 events/year. Our results shows that a detection with a confidence level of 99% can be reached within 16 days of continuous operation; with the current 52 g detector prototype this time lapse extends to five months.

**Participación:** Colaboración en planteo del problema, en el análisis de los resultados, y en la redaccion final del trabajo.

#### Trabajos publicados en actas de congresos

6. Pachiana, G., Rodríguez J. A., Paolini, E. E., Functional verification of FFT cores, 2014 Argentine School of Micro-Nanoelectronics, Technology and Applications, 19 al 26 de Julio de 2014, Universidad Tecnológica Nacional, F. R. Mendoza, Mendoza, Argentina, pp. 95-100, ISBN: 978-987-1907-86-1.

**Abstract:** This paper presents an initial approach to the development of a component for black box functional verification of FFT cores. First, a coverage model based on equivalence partitioning and boundary value analysis of the input signal space is defined, allowing 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.

**Participación:** Colaboración en el planteo matemático, análisis de resultados, y redacción y revisión final del trabajo.

7. Chierchie, F., Paolini, E. E., Modulacion PWM digital con distorsión reducida y rechazo de fuente para amplificadores clase D, 24° Congreso Argentino de Control Automático AADECA 2014, 27 al 29 de octubre de 2014, Buenos Aires, Argentina. Trabajo no. 65.

**Abstract:** En este trabajo se presenta un modelo discreto de un modulador PWM que describe tanto su no linealidad propia como el efecto de perturbaciones en la amplitud de los pulsos de la señal PWM. Utilizando este modelo se muestra que un método utilizado habitualmente para compensar esta perturbación, que consiste en mantener constante el área de los pulsos (igualado de áreas), no elimina la distorsión. Se presenta un algoritmo para calcular los ciclos de trabajo que eliminan si-

multáneamente la distorsión producida por la no linealidad intrínseca del PWM y por las perturbaciones o variaciones de amplitud de la tensión de alimentación. Finalmente, se desarrolla una versión del algoritmo capaz de operar en tiempo real y su desempeño se evalúa mediante simulaciones y comparaciones con el algoritmo de igualado de áreas.

**Participación:** Colaboración en el desarrollo del modelo, revisión y análisis de los resultados, colaboración en la redacción y revisión final.

8. Fernández Moroni, G.; Sofo Haro, M.; Tiffenberg, J.; Cancelo, G.; Paolini, E. E.; Estrada, J.; Bertou, X.: Mathematical model of point events in CCD images, XVI Reunión de Trabajo en Procesamiento de la Información y Control RPIC 2015, 6-9 Octubre 2015, Córdoba, Argentina.

**Abstract:** In this article a stochastic model for point events expected in the output image of scientific CCDs is derived. This kind of events are typical in CCD systems dedicated to particle detection, such as DAMIC and CONNIE. The model includes the randomness of the charge movement in the silicon and the noise at the readout stage providing the base for an optimal detection technique.

**Participación:** Colaboración en el desarrollo del modelo y discusión de efectos y resultados.

**8.2 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, deber á escribir una breve justificación*

9. Fernando Chierchie, Eduardo E. Paolini, Baseband model for symmetric PWM modulator: frequency analysis and THD, aceptado en *IEEE ARGENCON 2016*, 15 al 17 de Junio de 2016, Buenos Aires, Argentina.

**Abstract:** Accurate models for PWM modulators composed by the parallel connections of p-order power followed by a linear filter have been recently presented in the literature. In this paper we derive closed-form expressions for the impulse responses and frequency responses of those filters. This allows to predict the amplitudes and frequencies of the spurious components appearing in the baseband when using sinusoidal inputs and also to obtain closed form expressions for the THD.

**Participación:** Colaboración en el desarrollo del modelo, revisión y análisis de los resultados, colaboración en la redacción y revisión final.

10. Miguel Sofo Haro, Gustavo Cancelo, Guillermo Fernandez Moroni, Xavier Bertou, Javier Tiffenberg, Eduardo Paolini, Juan Estrada; Measurement of the Read-Out Noise of Fully Depleted Thick CCDs, aceptado en 10th Argentine Conference on Micro-Nanoelectronics, Technology and Applications (CAMTA) Universidad Nacional del Comahue, Neuquén, 4 y 5 de agosto de 2016

**Abstract:** Fully depleted thick CCDs have been designed for infrared astronomy, but their low read-out noise of the order of  $\sim 2 e^-$  and their considerable mass of  $\sim 5:2$  gr, allows novel uses for them in low energy threshold particle detection applications, such as the CONNIE and DAMIC experiments. For both experiments, a reduction of the CCD read-out noise is vital. In this work we present a method to measure the read-out noise coming from electronic and non-electronic sources. The impact of the external electronics on the noise is discussed and its full characterization is presented.

**Participación:** Colaboración en el desarrollo del modelo y discusión de efectos y resultados.

**8.3 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.*

No poseo

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

No poseo

**8.5 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

**8.6 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.

## 9. TRABAJOS DE DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS.

**9.1 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.*

**9.2 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.*

Patente N° de acta P20140102322, Instituto Nacional de la Propiedad Industrial, "Método de modulación digital libre de distorsión en banda base para inversores de potencia y método para calcular los ceros de una función intermedia usada en el modulador". Inventores: Leandro Stefanazzi, Eduardo Paolini, Alejandro Oliva. Presentada el 19 de Junio de 2014. Fecha de puesta a disposición del público: 27/01/2016, INPI, Bol. Nro. 869.

**9.3 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

**9.4 OTRAS ACTIVIDADES TECNOLÓGICAS CUYOS RESULTADOS NO SEAN PU-**

**BLICABLES** (desarrollo de equipamientos, montajes de laboratorios, etc.).

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

**9.5 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

Dr. Pablo Mandolesi, Profesor Adjunto, Universidad Nacional del Sur. Investigador Independiente CIC. Av. Alem 1253, B8000CPB Bahía Blanca, Tel. 0291 4595100, ext. 3313

**10. 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.

**11. PUBLICACIONES Y DESARROLLOS EN:**

**11.1 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:

<https://moodle.uns.edu.ar/catedras/course/view.php?id=658>

Asesor en la publicación del trabajo final de carrera del alumno Kevin Schroeder como trabajo estudiantil en el congreso nacional AADECA 14:

Schroeder, K, Paolini, E. E. (asesor) Desarrollo de un sistema embebido aplicado al deporte: Smart Racquet, 24° Congreso Argentino de Control Automático AADECA 2014, 27 al 29 de octubre de 2014, Buenos Aires, Argentina. Trabajo no. 3.

**11.2 DIVULGACIÓN**

No he realizado publicaciones de divulgación en este período

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

- 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.
- 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. Co-director: Dr. Juan Estrada Vigil, Fermi National Laboratory, Chicago, EE.UU.

- Director del Dr. Fernando Chierchie, Becario Postdoctoral CONICET. Tema: "Técnicas de codificación temporal basadas en modulación digital por ancho de pulso y sus aplicaciones". Período: 1 de abril de 2016 a 31 de Marzo de 2017.
- Director del Ing. Guillermo Fernández Moroni, Becario Postdoctoral CONICET. Tema: "Diseño e implementación de sistemas de lectura de CCDs de bajo ruido". Período: 1 de abril de 2016 a 31 de Marzo de 2017.
- Co-Director del Ing. Juan Ignacio Morales, Becario Doctoral CONICET. Tema: "Diseño de sistemas microelectrónicos basados en alta resolución temporal". Director: Dr. Pablo Mandolesi. Período: 1 de abril de 2016 a 31 de Marzo de 2018.

**13. 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**

- Director del trabajo 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". Defendida el 30 de noviembre de 2015.
- Director del trabajo de tesis doctoral del Mg. Fernando Chierchie, becario interno de posgrado tipo I (CONICET). Tema "Análisis y reducción de la distorsión para técnicas de modulación de pulsos". Defendida el 17 de Febrero de 2016.
- Director del trabajo de tesis doctoral 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". Defendida el 24 de febrero de 2016.

**Tesis en ejecución**

- 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.
- Codirección del trabajo de tesis de maestría del Ing. Wendelin Teiße, Fachhochschule Technikum Wien, Viena, Austria. Tema: "Motional Feedback". Director: Dipl.-Ing. Thomas Zeithofer. Fecha de finalización: 19 de mayo de 2016.

**14. 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 2014, 2016, EAMTA 2015, 2016, RPIC 2015, ARGENCON 2014, 2016, etc.

**15. 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.

**16. 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 ruido y distorsión en sistemas electrónicos. Período: 1/1/2012 a 31/12/2015. Director: Eduardo E. Paolini (UNS-CIC), Alejandro R. Oliva (UNS-CONICET). Monto: \$10928,00.

**Descripción:** 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.

2. Subsidio Institucional para investigadores CIC (res. 243/13). Monto: \$6500,00

3. PICT 2014-1225, Detección de neutrinos usando CCDs, Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT), Período 2015-2019, Director: Eduardo E. Paolini (UNS-CIC), Gustavo Cancelo (Fermilab), \$494025,00.

**Descripción:** In recent years, advances in neutrino detection techniques enabled the realization of precise experiments aiming at new applications both in neutrino physics and for new demonstrations of the model of fundamental interactions. The interaction neutrino-nucleus is a fundamental interaction predicted by the standard model, but it is difficult to detect because of the low interaction between neutrino and matter. The fission process at the core of nuclear reactor is an abundant source of neutrinos, and they can be used to study the fundamental properties of these particles and also to derive information about the evolution of the nuclear fuel and its composition. This research project is based on the application of imaging CCDs (charge coupled devices) to detect the neutrino-nucleus interaction under experiment CONNIE (coherent neutrino-nucleus interaction experiment). The two main objectives of the experiment are (1) to corroborate the predictions of the standard model of particles, in particular, the measurement of neutrino interactions with matter and (2) to test in the field a method that provides nearly real-time status information about the state of the reactor and its thermal power, without requiring access to the reactor core. These experiences are possible because of unusual collaboration between industry and academia: the availability of a research lab next to a high power nuclear reactor (Angra II in the Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto, in Rio de Janeiro, Brazil). The research effort combines the strengths of different groups in Argentina, Brazil, and USA. The Brazil group has been responsible for the construction of the research lab, and installed another experiment (Angra II;) that will run simultaneously with the one described in detail in this proposal (CONNIE). The detector and the associated

electronic has been developed at Fermilab. The main contribution of the group at Universidad Nacional del Sur is the development of additional measurement procedures and processing algorithms to achieve the low noise required by this application, in collaboration with Instituto Balseiro. During the development of the experiment it is expected that the frontiers between these activities became blurred because every member of the team will be deeply involved in the setup and running of the experiment, and in the analysis of the collected data.

4. PDS FSTICS 0001 TEAC 2010, Plataforma para la producción de tecnología electrónica de alta complejidad, Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT), Período 2011-2015, Director: Pedro M. Julián (UNSCONICET), \$3225250,41. Rol en el proyecto: Participante

**Descripción:** Los objetivos específicos son: (1) Producir en forma integral prototipos de sistemas electrónicos con macro, micro y nanoelectrónica; (2) Disponer en forma compartida de una plataforma tecnológica con equipamiento de alta complejidad para diseño, producción, montaje y verificación de sistemas electrónicos en pequeñas y medianas escalas; (3) Crear un ecosistema de desarrollo de tecnología, donde confluyan inversiones, servicios, conocimientos, mano de obra capacitada, logística y contactos; (4) Proveer lugar físico, asistencia y logística para spin-offs, y empresas de base tecnológica (tanto para empresas que necesiten incubación como para empresas existentes); (5) Formar los recursos humanos necesarios (principalmente masters tecnológicos) para satisfacer la demanda de mano de obra resultante; (6) Crear un ambiente instalado en Zona Franca, con facilidad de importación/exportación de herramientas, insumos y productos electrónicos; (7) Brindar soporte para la producción de prototipos industriales conforme a normas de calidad; (8) Concentrar y compartir las capacidades humanas y tecnológicas de los miembros; (9) Incluir socios adicionales con capacidad de aportar al objetivo general del proyecto. ANPCYT financia 60% Empresas y otros organismos: 40%.

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

No cuento con otras fuentes de financiamiento.

- 18. DISTINCIONES O PREMIOS OBTENIDOS EN EL PERIODO.**

No he recibido distinciones o premios en este período.

- 19. 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.

- 20. 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:

- Director del proyecto final de carrera del Sr. Kevin Schroeder. Título: "Raqueta inteligente (Smart Racquet)", Universidad Nacional del Sur, abril 2014.
- Director del proyecto final de carrera del Sr. Matías Belloni. Título: "Interface SPDIF para el DSP TMS320F28335", Universidad Nacional del Sur, mayo 2014.
- Director del proyecto final de carrera del Sr. Ezequiel Lobato. Título: "Controlador de luces Auto-DMX", Universidad Nacional del Sur, diciembre 2014.
- Director del proyecto final de carrera del Sr. Santiago Rúas. Título: "Sistema de autofilmado – Parte I", Universidad Nacional del Sur, diciembre 2014.
- Director del proyecto final de carrera del Sr. Diego Ainciondo. Título: "Sistema de autofilmado – Parte II", Universidad Nacional del Sur, diciembre 2014.
- Director del proyecto final de carrera del Sr. Mariano Dus. Título: "Interfaz inalámbrica para controles analógicos a través de dispositivos móviles", Universidad Nacional del Sur, mayo 2015.
- Director del proyecto final de carrera del Sr. Francisco Fueyo. Título: "Caracterización y modelado de un amplificador de audio valvular", Universidad Nacional del Sur, diciembre 2015.

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.

**21. OTROS ELEMENTOS DE JUICIO NO CONTEMPLADOS EN LOS TÍTULOS 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 distor-

sión 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.

**Jurado de tesis:**

1. Jurado de la tesis Doctoral del Ing. Ángel Soto. Tema: "Administración de energía en sistemas empaquetados o multi-chip". Director: Dr. Alejandro R. Oliva, Universidad Nacional del Sur, 30 de marzo de 2015.
2. Jurado de la tesis de Maestría del Ing. Gerardo L. Puga, titulada "Adquisición y seguimiento en tiempo real para receptores GNSS Multiantena", dirigida por los Dres. Agustín Roncagliolo y Sergio Mayosky, La Plata, 14 de diciembre de 2015.
3. Miembro del jurado de la tesis de maestría del Ing. Alejandro Pasciaroni, "Diseño e implementación de arquitecturas para estructuras paralelas", Director: Dr. Pedro Julián, Dr. Pablo Mandolesi. Universidad Nacional del Sur, 29 de diciembre de 2015

**22. TITULO 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.*

El plan de trabajos propuesto sigue las líneas de investigación indicadas más arriba:

**Línea 1: síntesis de señales analógicas utilizando señales binarias**

El objetivo general es aplicar algoritmos de procesamiento digital de señales para mejorar el desempeño de circuitos y sistemas de señal mixta en términos de la velocidad, la fiabilidad, la eficiencia energética, la calidad de las señales, etc.

Los circuitos y sistemas de señal mixta son sistemas que operan tanto con señales analógicas como digitales. La mejora del desempeño y la disminución del costo de los sistemas digitales propicia el avance de estos por sobre los sistemas analógicos, que sin embargo se mantienen mayormente en las etapas de entrada y salida donde existe interacción del dispositivo con el ser humano o el medio físico a través de sensores, actuadores o transductores de diferentes tipos. Algunos ejemplos de estos sistemas son: transmisores y receptores de sistemas de comunicaciones, convertidores analógicos/digitales y digitales/analógicos, amplificadores de potencia, circuitos de electrónica de potencia, etc.

El objetivo específico es estudiar técnicas avanzadas de modulación digital por ancho de pulso para sintetizar señales analógicas a partir de los instantes de cambio de una señal binaria, ternaria o multi-nivel y para amplificar estas señales de forma eficiente utilizando amplificadores de potencia conmutados. Concretamente el enfoque propuesto puede sintetizarse en los siguientes puntos:

- El estudio de técnicas de modulación PWM de muy baja distorsión y su vínculo con las técnicas propuestas. Estas técnicas permiten aumentar el rango dinámico de señales analógicas a partir de sintetizarlas utilizando señales binarias PWM. El aumento constante en las velocidades de los circuitos digitales permite una mayor resolución temporal a costa de una menor relación señal a ruido limitado por el piso de rui-

do electrónico y las bajas tensiones de alimentación. Por esta razón la utilización de PWM digital en donde la señal queda codificada temporalmente en los anchos de pulsos resulta de gran interés.

- La aplicación de estas técnicas en sistemas de comunicaciones, por ejemplo para sintetizar símbolos de alta calidad y baja distorsión para transmisores de comunicaciones con modulación digital de amplitud en cuadratura (QAM por sus siglas en inglés), así como su amplificación eficiente.
- La aplicación de estas técnicas para la amplificación de potencia con alta eficiencia y para aumentar la potencia a partir de la conexión paralelo de varios módulos de potencia, reduciendo la distorsión fuera de banda a partir del entrelazado de las señales portadoras de la modulación PWM. Estas técnicas pueden usarse tanto en convertidores de potencia como en amplificadores para comunicaciones.
- Aplicar estos resultados al desarrollo de circuitos integrados aprovechando una alta resolución temporal para generar señales de baja distorsión y alto rango dinámico, estrechamente relacionado con los estudios doctorales del Ing. Juan I. Morales (ver punto 12)

## **Línea 2: reducción de ruido de lectura de CCDs científicos aplicados para la detección de neutrinos**

El objetivo general es el desarrollo e implementación de nuevas técnicas de lectura de detectores de imágenes basados en CCDs para reducir el nivel de ruido y distorsión de las mediciones. Se busca mejorar un sistema formado por varios detectores de lectura simultánea utilizados para detectar partículas de baja energía, lo que supone el desarrollo de algoritmos de procesamiento que garanticen la detección óptima de los eventos generados por estas partículas, en particular en condiciones de ruido diferentes a las encontradas en el laboratorio.

Se estudiarán las fuentes de ruido y distorsión del CCD y sus sistemas anexos, se analizarán 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. Esta aplicación supone objetivos de interés:

- tecnológico: el desarrollo de un detector de neutrinos de pequeño tamaño comparado con los detectores actuales, de relativo bajo costo que facilitaría su implementación por parte de otras instituciones científicas;
- técnico: la posibilidad de monitorear la potencia del reactor nuclear por medio de los eventos esperados; y
- científico: la comprobación de la interacción entre los neutrinos y los núcleos de los átomos del detector, la cual no ha podido ser observada hasta el momento por el alto umbral de detección de las tecnologías disponibles.

Se aspira a desarrollar un sistema que pueda funcionar en ambientes más hostiles que los del laboratorio, por lo se analizarán los efectos de las diferentes fuentes de radiación naturales que pueden producir señales espurias y disminuir la eficiencia de detección. A tal fin se estudiarán las características de generación y transporte de las cargas libres en los CCD, y se investigarán algoritmos de procesamiento de imágenes que permitan separar las señales espurias de las esperadas.

Se estudiará también el funcionamiento de CCDs de mayor espesor que permitirían incrementar la capacidad de detección de neutrinos, en particular la forma de generación de carga por la deposición de energía de estas señales débiles, y la manera en que ésta se transporta hasta la posición final en los pixeles. Simultáneamente se estudiarán algoritmos de búsqueda de eventos en imágenes que incorporen esta información para au-

mentar la eficiencia de detección de señales de amplitud comparable al ruido, sin aumentar el número de falsos positivos.

El objetivo final es el de mejorar un sistema integral de detección usando CCDs en colaboración con Fermilab (Fermi National Accelerator Laboratory, Chicago, Estados Unidos) para detección de neutrinos. Uno de los doctorandos (GFM) participó del desarrollo e instalación del primer prototipo del sistema que forma parte del experimento CONNIE (Coherent Neutrino-Nucleus Interaction Experiment) el cual es una colaboración internacional liderada por la Universidad Nacional del Sur y Fermilab, donde también participan el Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (Brasil), Centro Atómico Bariloche (Argentina), Universidad Federal de Río de Janeiro (Brasil), Universidad Nacional de Asunción (Paraguay) y la Universidad de Zurich (Suiza). La primera reunión presencial con participación de todas las instituciones se desarrolló en Mayo de 2015 (CONNIE Workshop 2015). El cronograma tentativo para el desarrollo es:

**2016:** Estudio de nuevas técnicas de lectura y procesamiento para aumentar la capacidad de detección que comprende desarrollos teóricos y validación por simulación, incorporando información disponible del primer prototipo. También se contempla el desarrollo de los algoritmos de análisis de las imágenes.

**2017:** Participación en la actualización del detector en Brasil. Análisis de las imágenes de salida usando los algoritmos desarrollados previamente. Se continuará con el control remoto de la operación del sistema CCD instalado en la planta nuclear.

En la etapa de desarrollo sólo es necesario contar con elementos de cómputo y software matemático y de simulación, además de los datos experimentales cedidos gentilmente por el grupo de Fermilab, con quien se mantendrán contactos frecuentes por vía electrónica (correo electrónico, comunicaciones telefónicas, videoconferencias) para mantener la perspectiva del trabajo, y los datos obtenidos del primer prototipo en Brasil. La etapa final de ensayo de los algoritmos, participación en el armado de los nuevos componentes al equipo CCD y la instalación en Brasil, se dará en el marco de cooperación internacional entre la UNS y Fermilab, dentro del Proyecto DAMIC (T987) dirigido por el Dr. Juan Cruz Estrada Vigil, codirector del becario postdoctoral Dr. Guillermo Fernández Moroni. (ver punto 12).

### **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:
  - a. Una copia en papel A-4 (puntos 1 al 22).
  - b. 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 .....".
  - c. Informe del Director de tareas (en los casos que corresponda), en sobre cerrado.
- B. Envío por correo electrónico:
  - a. Se deberá remitir por correo electrónico a la siguiente dirección: [invest@cic.gba.gob.ar](mailto:invest@cic.gba.gob.ar) (puntos 1 al 22), en formato .doc zipeado, configurado para papel A-4 y libre de virus.
  - b. 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, inclu-

yendo palabras clave.

C. Sistema SIBIPA:

a. Se deberá petitionar 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.