



**Título:** APORTACIONES AL DISEÑO DE ADCS EN TECNOLOGÍAS NANOMÉTRICAS Y PARA ENTORNOS DE ALTA RADIACIÓN

**Nombre:** Márquez Lasso, Fernando Javier

**Universidad:** Universidad de Sevilla

**Departamento:** Ingeniería electrónica

**Fecha de lectura:** 30/11/2015

**Programa de doctorado:** Electrónica, Tratamiento de Señal y Comunicaciones

**Dirección:**

> **Codirector:** FERNANDO MUÑOZ CHAVERO

> **Codirector:** RAMÓN GONZÁLEZ CARVAJAL

**Tribunal:**

> **presidente:** ANTONIO JESUS TORRALBA SILGADO

> **secretario:** FRANCISCO ROGELIO PALOMO PINTO

> **vocal:** FRANCISCO JAVIER DEL PINO SUAREZ

> **vocal:** JUAN ANTONIO GOMÉZ GALAN

> **vocal:** MIGUEL ULLÁN COMES

**Descriptores:**

> CIRCUITOS INTEGRADOS

> DISEÑO MICROELECTRONICO

> INTERACCION DE LA RADIACION CON LOS SOLIDOS

**El fichero de tesis** ya ha sido incorporado al sistema

> 200193\_787160.pdf

**Localización:** UNIVERSIDAD DE SEVILLA, SERVICIO DE DOCTORADO

**Resumen:** El trabajo presentado a lo largo de esta Tesis Doctoral está intrínsecamente relacionado con la evolución del diseño de circuitos integrados analógicos y de señal mixta empleando tecnologías nanométricas. En los últimos años, el desarrollo de dichas tecnologías ha posibilitado un avance gigantesco en cuanto a funcionalidad y velocidad de los sistemas de comunicaciones, provocando un gran auge en los sistemas de comunicaciones, con especial relevancia de los estándares inalámbricos. No obstante, también han surgido nuevos retos a nivel arquitectural y de diseño derivados ¿en gran medida- de los efectos del escalado tecnológico, que obligan a la búsqueda de nuevas soluciones para adecuarse a unas restricciones cada vez más exigentes.



En la presente Tesis Doctoral, se han realizado aportaciones en dos ámbitos destinados a aplicaciones de interés para el diseño microelectrónico analógico en tecnologías nanométricas:

#### 1. Diseño de convertidores Analógico-Digital de muy alta velocidad.

Los nuevos estándares de comunicaciones de banda ancha o la mayor velocidad de lectura de los soportes de almacenamiento de información incrementan la necesidad de mayor velocidad de conversión en el diseño de convertidores Analógico-Digital (A/D). Los convertidores con arquitectura flash o de conversión directa suelen ser los más utilizados para este tipo de aplicaciones. Sin embargo, la resolución de dichos convertidores se ve seriamente comprometida por el error de offset de los comparadores utilizados, que en tecnologías nanométricas resulta especialmente sensible a las variaciones de procesos. Las prestaciones de las técnicas tradicionales se ven afectadas por los efectos del escalado, siendo necesario emplear nuevas técnicas que permitan alcanzar los requerimientos con un consumo energético eficiente.

#### 2. Diseño de circuitos analógicos para aplicaciones espaciales y nucleares.

Las frecuencias de trabajo cada vez más elevadas y dimensiones de los transistores más y más pequeñas hacen que la influencia de los Efectos de Eventos Singulares (SEE) sea cada vez más crítica tanto en los circuitos digitales como analógicos. La evolución de las tecnologías CMOS ha contribuido a incrementar los riesgos de errores críticos en circuitos en entornos de alta radiación, donde la interacción de iones pesados con los componentes analógicos puede dar lugar a variaciones transitorias o permanentes en su comportamiento. Por una parte, las frecuencias de funcionamiento cada vez más altas pueden incrementar la sensibilidad ante la captura de eventos Singulares Transitorios (SETs), aumentando el riesgo de propagación de errores. Además, los SET son fuertemente dependientes de la configuración eléctrica de los dispositivos, pudiendo afectar muy seriamente al rendimiento e incluso a la funcionalidad de los circuitos. Es por ello que el estudio de estos impactos y su influencia en circuitos analógicos ha adquirido en los últimos años una enorme relevancia, ya que un análisis de las posibles vulnerabilidades puede proporcionar información clave para el diseño de sistemas robustos contra la radiación.

Dentro del primer ámbito de investigación, se ha diseñado un convertidor A/D de 6 bits de tipo flash para el estándar de comunicaciones Ultra-WideBand (UWB). En primer lugar, se han estudiado de las limitaciones que imponen las tecnologías nanométricas con vistas a su aplicación al diseño microelectrónico en convertidores de alta velocidad y bajo consumo. Se identificó que el comportamiento de los convertidores A/D de tipo flash está limitado por errores causados por las mayores variaciones en los procesos. Mediante el análisis de la literatura, se han estudiado e identificado diferentes técnicas y tendencias seguidas por la comunidad científica en los últimos años con el objetivo de incrementar la eficiencia energética en el ámbito considerado. En concreto, se han descrito y referido numerosas técnicas de compensación, interpolación, submuestreo y simplificación de la circuitería analógica.

Como principal aportación original en este campo, se propone una técnica novedosa de calibración para compensación de offset y mismatch en el dominio analógico. Sobre la topología básica de un convertidor flash, se emplean técnicas de interpolación capacitiva para disminuir el número de amplificadores mejorando las



prestaciones en consumo sobre esquemas tradicionales. El esquema propuesto no usa capacidades a la entrada del convertidor, reduciendo la carga a la entrada así como disminuyendo el consumo de los bloques anteriores. Así mismo, la técnica propuesta requiere de una única fase de reloj, disponiendo los amplificadores de más tiempo de trabajo en cada ciclo, resultando en una menor exigencia en sus prestaciones y ahorro en consumo.

En el ámbito del diseño microelectrónico para aplicaciones en entornos de alta radiación, la principal aportación de esta Tesis Doctoral ha sido el desarrollo de un nuevo software de ayuda al diseño de circuitos robusto a radiación: AFTU. En el contexto considerado y en el marco de proyectos financiados por la Agencia Espacial Europea (Cosmic Vision, FTU2), se constata la necesidad de seguir una estricta metodología de evaluación y test de los circuitos diseñados para asegurar el correcto funcionamiento en entornos de alta radiación. El conocimiento de las partes más vulnerables a efectos de la radiación es un punto crítico para el diseño tolerante a fallos (RHbD) de circuitos microelectrónicos en aplicaciones para el espacio, y se requiere una herramienta que permita un análisis rápido de vulnerabilidades en etapas tempranas de diseño. Se ha desarrollado un primer prototipo de una herramienta automática de análisis de la sensibilidad ante el impacto de partículas de alta energía, en base a numerosos ejemplos de diseño microelectrónicos de diversa índole. A partir de dicho prototipo, se desarrolló una segunda versión reprogramada en un entorno de mayor compatibilidad y usabilidad, ampliando a su vez las opciones y parámetros de análisis necesarios.

A lo largo de esta Tesis, se describe la arquitectura de la herramienta desarrollada, así como las principales características, parámetros de interés y ejemplos que permitan conocer su uso y potencialidad. Para evaluar y depurar el funcionamiento de la herramienta, se ha evaluado la sensibilidad a SET de diferentes circuitos reales, tanto diseños propios como ajenos analizados en colaboraciones con empresas. Esta evaluación ha permitido tanto depurar los errores detectados en el prototipo inicial como definir nuevas heurísticas para el análisis de sensibilidad, así como incorporar paulatinamente nuevas tecnologías sobre las que poder realizar el análisis. Se incluyen en esta Tesis Doctoral algunos de los circuitos analizados, como muestra del potencial de la herramienta desarrollada.