

PRESS RELEASE

The eMIDHE+ project of the Microelectronics Technology Research Group of IUMA has been funded in the 2023 call for Proof of Concept projects.

The project “Enhancing Modern Integrated Circuits for Harsh Environments (eMIDHE+)”, whose principal investigators are Dr. Francisco Javier del Pino Suárez and Dr. Sunil Lalchand Khemchandani, has been funded with 143.729.85 in the “2023 CALL FOR PROJECTS OF ‘PROOF OF CONCEPT’, IN THE FRAMEWORK OF THE STATE PROGRAM TO PROMOTE SCIENTIFIC AND TECHNICAL RESEARCH AND ITS TRANSFER, OF THE STATE PLAN FOR SCIENTIFIC AND TECHNICAL RESEARCH AND INNOVATION 2021-2023”.

Summary:

The design of electronics systems in harsh environments is extremely relevant nowadays. A harsh or hostile environment, in the most general sense of the term, can be described as a setting in which survival is difficult or impossible. In the field of electronics, harsh environments refer to those in which the electronics must operate reliably under intense vibration, mechanical shock, wide temperature swings, and/or exposure to ionizing radiation. Strategic sectors that suffer from the demanding conditions of a hostile environment are space and satellite communications.

In the context of space, and at circuit design level, the effect of ionizing radiation is the main concern. This is because temperature swings, mechanical shock, and intense vibration are addressed when selecting a technology fabrication process, the IC packaging and during the system integration.

Radiation effects on space electronics can be categorized into two main areas: Total Ionizing Dose (TID) and Single Event Effects (SEEs). TID causes degradation and deviation of the device parameters (for example, leakage current or threshold voltage) as a result of the radiation accumulated in a device over time, while a SEE occurs when a single ion strikes the material, depositing enough energy to cause an undesired effect in the device. They occur in multiple forms and affect electronic systems in different ways. Specifically, they can generate either transient effects in the performance of the devices or they can cause catastrophic consequences in systems. In the context of permanent effects, the most common one is the Single Event Latch-up (SEL) during which an extremely high current is induced in the device, ultimately leading to the destruction of the integrated circuit (IC).

The previous effects demonstrate the importance of robust design to radiation, and therefore, extensive research has been conducted to minimize these effects in analogue and mixed-signal designs. The most common approaches are selecting technologies that are inherently robust to radiation (such as SiGe, SOI, SiC, or GaN), using specific layout techniques, and/or using radiation hardening by design techniques to avoid undesired transient effects.

Other approaches, usually complementary to those mentioned above, rely on gathering information about temperature and accumulated radiation through specific sensors, and compensate for deviations in the device performance by implementing self-healing techniques or including additional SEL protection to avoid critical failures.

In the case of satellite communications, the design of RF circuits is the main concern and designers are exploring the use of wide bandgap technologies as they outperform conventional CMOS technology in terms of temperature tolerance and robustness to radiation.

The most promising results of the project EMIDHE (Exploring Modern Integrated Circuit Design in Harsh Environments funded by the programme Plan Estatal 2017-2020 Retos - Proyectos I+D+I under grants RTI2018-099189-B-C21 and RTI2018-099189-B-C22) serve as the starting point for this proposal which aims to enhance and validate those developments increasing the readiness of the technology and demonstrating their potential to meet the requirements of the Space industry.

Expected scientific and technical impact and expected social and economic impact

The recently created Spanish Space Agency was announced for the first time in the 2021 National Security Strategy, a political document in the field of security that reflects the concerning evolution of the geopolitical situation and its negative impact on the free access and utilization of capabilities provided from space. It establishes the need to promote measures to defend national interests in such a strategic environment as space, upon which the normal functioning of our society depends.

In this context, the Global Space Electronics Market is expected to grow in the coming years driven by increasing satellite production and interest in space activities. However, this is putting pressure on the rad-hard scientific community to deliver robust electronics with high performance and low cost. The existing devices that are qualified for space are insufficient in terms of cost, availability, and key performance characteristics, such as size, electrical parameters, and weight. This creates a gap between the space needs and the available technology. As the radiation performance of components is the key driver of this gap, any improvement in the radiation tolerance of electrical parts increases the likelihood of their successful use in a space mission.

eMIDHE+ aims to increase the maturity level of RF circuits, temperature and radiation sensors, and the assembly of a SEL protection circuit for space and satellite communication, validating their performance in a relevant environment. Therefore, this proposal will have an impact on reducing the technology gap in space and satellite communications and dedicates efforts to facilitate the use of non-space-qualified devices in this kind of applications.

The execution of this project will enhance the knowledge of the Spanish scientific community in this important sector, aerospace, and will create and strengthen collaboration between the academia and the aeronautic and aerospace sector.

This proposal will also consolidate the participation of Spanish research groups in high scientific level experiments as CMS at CERN and it will enhance the training of researchers providing an international environment for collaboration and internships to Spanish researchers and giving the opportunity for external researchers to get trained within the Spanish system.

The results of the eMIDHE+ project are expected to be transferable to the industry in the short term as there is already interest from some companies in the activities of the project, as stated in the support letters attached to this proposal.

NOTA DE PRENSA

El proyecto eMIDHE+ del Grupo de Investigación Tecnología Microelectrónica del IUMA ha sido financiado en la convocatoria 2023 de proyectos de Prueba de Concepto

El proyecto “Enhancing Modern Integrated Circuits for Harsh Environments (eMIDHE+)”, cuyos investigadores principales son el Dr. Francisco Javier del Pino Suárez y el Dr. Sunil Lalchand Khemchandani, ha sido financiado con 143.729,85€ en la “CONVOCATORIA 2023 DE PROYECTOS DE «PRUEBA DE CONCEPTO», EN EL MARCO DEL PROGRAMA ESTATAL PARA IMPULSAR LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICO-TÉCNICA Y SU TRANSFERENCIA, DEL PLAN ESTATAL DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TÉCNICA Y DE INNOVACIÓN 2021-2023”.

Resumen:

El diseño de sistemas electrónicos en entornos hostiles es de gran relevancia hoy en día. Un entorno duro u hostil puede describirse como un entorno en el que la supervivencia es difícil o imposible. En el campo de la electrónica, los entornos hostiles son aquellos en los que los sistemas electrónicos deben funcionar de manera confiable bajo vibraciones intensas, golpes mecánicos, grandes cambios de temperatura y/o exposición a radiación ionizante.

Un sector estratégico que sufre los exigentes requisitos de un entorno hostil es el diseño de sistemas electrónicos para espacio y comunicaciones satélite. En este contexto, y a nivel de circuito, el efecto de la radiación ionizante es el principal reto. Esto se debe a que los cambios de temperatura, los golpes mecánicos y las vibraciones intensas se abordan al elegir la tecnología de fabricación, el encapsulado de los circuitos y durante la integración y mecanizado del sistema.

Los efectos de la radiación en la electrónica para espacio se pueden clasificar en dos tipos: dosis ionizante total (TID) y efectos de eventos singulares (SEE). La TID provoca la degradación y desviación de los parámetros del dispositivo (por ejemplo, corriente de fuga o variación de la tensión umbral) como resultado de la radiación acumulada a lo largo del tiempo. Un SEE ocurre cuando un solo ion golpea el material, depositando suficiente energía para causar un efecto no deseado en el dispositivo.

Los SEE, pueden presentarse de múltiples formas afectando a los sistemas electrónicos de diferentes maneras. En concreto, pueden generar efectos transitorios en el funcionamiento de los dispositivos o provocar consecuencias catastróficas en los sistemas. En el contexto de los efectos permanentes, el más común es el *Single Event Latch-up* (SEL), durante el cual se induce una corriente extremadamente alta en el dispositivo, lo que en última instancia puede destruir el circuito integrado.

Los efectos anteriores demuestran la importancia del diseño robusto a radiación y, por lo tanto, son muchas las investigaciones que han abordado la minimización de estos efectos en diseños analógicos y de señales mixtas. Los enfoques más comunes son: seleccionar tecnologías inherentemente robustas a radiación (como SiGe, SOI, SiC o GaN), utilizar técnicas de *layout* específicas y/o utilizar técnicas para el endurecimiento por diseño.

Otros enfoques se basan en obtener información sobre la temperatura y la radiación acumulada mediante sensores específicos, para compensar las desviaciones en el funcionamiento del mismo mediante la implementación de técnicas de autorreparación o incluyendo protección a SEL para evitar fallos críticos.

En el caso de las comunicaciones satélites, el diseño de circuitos de RF es el principal reto y la tendencia es a explorar el diseño en tecnologías de *wide bandgap* ya que ofrecen mejores prestaciones, en términos de tolerancia a temperatura y robustez a radiación que las tecnologías convencionales.

Los resultados más prometedores del proyecto EMIDHE (Exploración del Diseño de Circuitos Integrados Modernos en Entornos Hostiles), financiado por el programa Plan Estatal 2017-2020 Retos - Proyectos I+D+I bajo las subvenciones RTI2018-099189-B-C21 y RTI2018-099189-B-C22, sirven como punto de partida para esta propuesta que tiene como objetivo mejorar y validar esos desarrollos, aumentando la preparación de la tecnología y demostrando su potencial para cumplir con los requisitos de la industria espacial.

Impacto científico técnico e impacto social y económico esperable

La recientemente creada Agencia Espacial Española fue anunciada por primera vez en la Estrategia Nacional de Seguridad de 2021, un documento político en el campo de la seguridad que refleja la preocupante evolución de la situación geopolítica y su impacto negativo en el acceso libre y la utilización de capacidades proporcionadas desde el espacio. Establece la necesidad de promover medidas para defender los intereses nacionales en un entorno estratégico como el espacio, del cual depende el funcionamiento normal de nuestra sociedad.

En este contexto, se espera que el Mercado Global de Electrónica Espacial crezca en los próximos años impulsado por la creciente producción de satélites y el interés en actividades espaciales. Sin embargo, esto está ejerciendo presión sobre la comunidad científica de *rad-hard* para producir electrónica robusta con alto rendimiento y bajo costo. Los dispositivos existentes calificados para el espacio son insuficientes en términos de costo, disponibilidad y características clave de rendimiento, como tamaño, parámetros eléctricos y peso. Esto crea una brecha entre las necesidades espaciales y la tecnología disponible. Dado que el rendimiento bajo condiciones de radiación de los componentes es el principal impulsor de esta brecha, cualquier mejora en la tolerancia a la radiación de los circuitos electrónicos aumenta la probabilidad de su uso exitoso en una misión espacial.

eMIDHE+ tiene como objetivo aumentar el nivel de madurez de los circuitos de RF, sensores de temperatura y radiación, y el ensamblaje de un circuito de protección SEL para comunicación espacial y satelital, validando su rendimiento en un entorno relevante. Por lo tanto, esta propuesta tendrá un impacto en la reducción de la brecha tecnológica en comunicaciones espaciales y satelitales y dedica esfuerzos para facilitar el uso de dispositivos no calificados para el espacio en este tipo de aplicaciones.

La ejecución de este proyecto mejorará el conocimiento de la comunidad científica española en este importante sector, aeroespacial, y creará y fortalecerá la colaboración entre la academia y el sector aeronáutico y aeroespacial.

Esta propuesta también consolidará la participación de grupos de investigación españoles en experimentos de alto nivel científico como CMS en el CERN y mejorará la formación de investigadores proporcionando un entorno internacional para la colaboración y prácticas para investigadores españoles y brindando la oportunidad para que investigadores externos se capaciten dentro del sistema español.

Se espera que los resultados del proyecto eMIDHE+ sean transferibles a la industria a corto plazo, ya que ya existe interés por parte de algunas empresas en las actividades del proyecto.