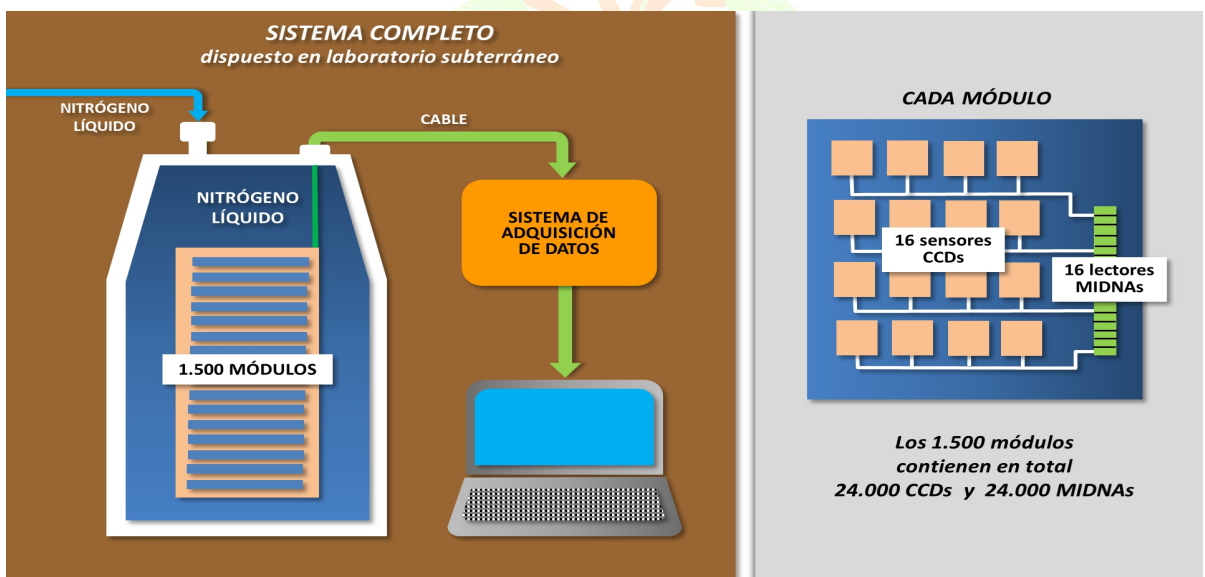


Una mirada a la electrónica utilizada para la detección de materia oscura del Universo

¿Con qué detectar la materia oscura?

Los astrofísicos consideran que el 85 % del Universo está ocupado por la llamada *materia oscura*, la cual resulta un verdadero enigma para la ciencia, ya que no se sabe aún qué la compone¹. Actualmente, varios experimentos científicos en el mundo están intentando responder esa pregunta, entre ellos el experimento OSCURA que se desarrolla como una colaboración internacional entre varias instituciones². Con el experimento OSCURA se busca detectar las débiles interacciones producidas por la materia oscura mediante la observación de estas en detectores sólidos fabricados fundamentalmente con silicio. Para ello se utiliza un tipo de sensores de radiación especiales llamados CCD (Charge Coupled Device o dispositivo de acoplamiento de carga). Las interacciones de

que, como toda señal eléctrica del mundo real, tiene *ruido* superpuesto que afecta la precisión de las mediciones. El ruido en el sensor es producido principalmente por efecto de la temperatura y es por este motivo que se los utiliza refrigerados, usualmente a temperatura de nitrógeno líquido (-195 °C), dentro de un recipiente térmico. El segundo componente que más contribuye al ruido es la



la materia oscura con el silicio son tan débiles y tan poco probables, que se necesitan miles de estos sensores funcionando durante intervalos de tiempo de varios meses o años para obtener mediciones precisas. En el caso particular del experimento OSCURA son necesarios alrededor de 24.000 sensores para alcanzar el objetivo planteado desde el punto de vista físico. El desafío aparece desde el punto de vista de la ingeniería necesaria para lograr leer y procesar las señales de esa cantidad de sensores.

Sistemas tradicionales

Los sensores CCDs son dispositivos electrónicos cuya salida es una señal eléctrica y

etapa de salida del sensor, y para disminuirlo existe una técnica llamada *Skipper*, con la cual es posible tomar muestras con y sin señal, para luego hacer la diferencia y promediarlas. Realizando esta operación cientos de veces se logra reducir el nivel de ruido, obteniendo mediciones extremadamente precisas. Gracias a esta técnica es posible medir cargas equivalentes a tan solo un electrón. La salida del CCD usualmente se conecta a un sistema electrónico de lectura, que incluye amplificadores y circuitos que procesan la

señal de Skipper, y a una placa que convierte la señal analógica en digital. Los datos son almacenados en una computadora, para luego ser procesados en cualquier momento. Este sistema electrónico utiliza componentes comerciales que no funcionarían a la temperatura que lo hace el CCD, por lo tanto se deben colocar fuera del recipiente térmico. En un sistema tradicional se tiene UN solo CCD dentro de un recipiente enfriado a temperatura de nitrógeno líquido, y fuera de este el sistema electrónico de lectura, ambos conectados por cables que entran y salen del recipiente.

El desafío de medir con 24.000 CCDs

Repetir el mismo sistema tradicional 24.000 veces sería totalmente inviable por varias razones. Primero, para tener los 24.000 CCDs dentro de un recipiente refrigerado y los sistemas electrónicos de lectura fuera del mismo, habría que tener una cantidad enorme de cables de conexión entrando y saliendo del recipiente. Los cables, además de ser buenos conductores eléctricos, son buenos conductores térmicos. Esto haría imposible enfriar el interior del recipiente porque se producirían grandes pérdidas térmicas. Una solución posible sería trasladar el sistema electrónico de lectura dentro del recipiente. Pero esto no es posible hacerlo usando componentes comerciales, ya que estos no funcionan a tan baja temperatura, y además suelen utilizar materiales que si bien emiten una radiación mínima, es suficiente para ser captada por los sensibles sensores CCD, afectando la medición.

La solución: Un circuito integrado para lectura de CCDs

La tecnología actual de fabricación de circuitos integrados permite producir miles de chips de forma muy precisa, repetitiva y a un bajo costo por unidad. De modo que la solución fue el diseño de un circuito integrado específico que reemplazara a la electrónica de lectura comercial y que funcionara a temperatura de nitrógeno líquido. A este circuito integrado se lo llamó MIDNA y fue desarrollado por investigadores del CAB y del Fermilab³. Este chip incluye todos los amplificadores y circuitos de procesamiento de señal de Skipper, como para leer cuatro sensores CCD dentro de un chip de tan solo 1 mm de alto por 2 mm de ancho. Al ser tan pequeño y funcionar refrigerado, es posible colocar un MIDNA cada cuatro CCDs en un mismo módu-

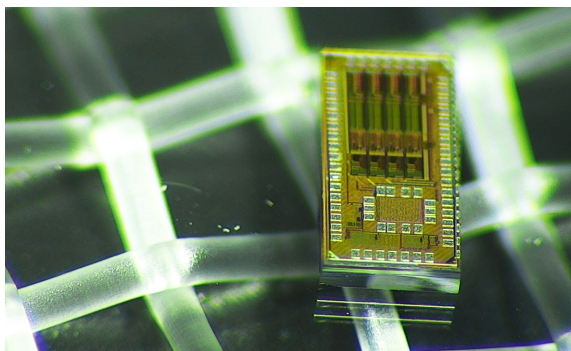


Foto del circuito integrado MIDNA (1mm x 2mm).

lo dentro del recipiente refrigerado. Cada uno de los módulos contiene 16 CCDs junto a cuatro MIDNAs, de manera que para tener los 24.000 CCDs del experimento se fabricarán 1.500 de estos módulos. El sistema de lectura final del experimento procesa y amplifica la señal junto a cada CCD gracias a MIDNA. La conversión de la señal analógica de salida de MIDNA a digital seguirá estando fuera del recipiente refrigerado, pero gracias a que ahora las señales están amplificadas, se puede agregar un sistema de selección con un solo cable entrando y saliendo del recipiente térmico y convertir, de a una, las señales al mundo digital para su almacenamiento. Finalmente, gracias a que se utilizan menos componentes (todos los circuitos necesarios se encuentran dentro de MIDNA), se reduce el fondo de radiación generado por los materiales con los que se fabrican esos componentes y que afectaría a los sensores CCD.

Esta es otra demostración de cómo la electrónica integrada permite (o facilita) llevar a cabo tareas que antes eran impensadas por su magnitud o su consumo. Así como, gracias a los circuitos integrados, fue posible pasar de una computadora del tamaño de una habitación en 1960, a un dispositivo que actualmente entra en la palma de la mano. Tal vez, MIDNA permita concretar experiencias que ayuden a entender mejor la naturaleza de la materia oscura.

REFERENCIA

- 1 Ver la Hojita "Una mirada a la materia oscura del Universo".
- 2 Las instituciones colaboradoras figuran en: <https://astro.fnal.gov/science/dark-matter/oscura/>.
- 3 Fermi National Laboratory, ubicado en las afueras de Chicago (Estados Unidos).

ABREVIATURAS

CAB: Centro Atómico Bariloche
CNEA: Comisión Nacional de Energía Atómica
IB: Instituto Balseiro (CNEA – UNCuyo)
INN: Instituto de Nanotecnología y Nanociencia (CNEA – CONICET)
UBA: Universidad de Buenos Aires
UNCuyo: Universidad Nacional de Cuyo