

Desarrollo de un sistema de pruebas para la electrónica de lectura de las cámaras de deriva del experimento CMS.

C. Fernández, J. Marín, J.C. Oller y C. Willmott

CIEMAT. Av. Complutense 22, 28040 Madrid; e-mail: cristina.fernandez@ciemat.es.

I. EL DETECTOR CMS Y LAS CÁMARAS DE MUONES

El detector CMS (Compact Muon Solenoid) es uno de los cuatro grandes experimentos que se emplazarán en el nuevo acelerador LHC (Large Hadron Collider) del CERN. CMS está formado por una serie de subdetectores entre los que se incluyen las cámaras de deriva¹, optimizadas para la detección y medida de la traza de muones y de su momento transversal. Estas cámaras se ubican en la estructura de hierro que rodea al imán.

Su funcionamiento se basa en la ionización producida en la cámara por el paso de una partícula cargada. Esta ionización genera unas señales que llegan a la electrónica de lectura tras una etapa de amplificación y discriminación. El objetivo de la electrónica de lectura es realizar una digitalización temporal de las señales, calculando su tiempo de llegada relativo a una señal de disparo global de CMS, para así poder inferir los puntos de paso del muón.

Con el fin de dar una idea del orden de magnitud del sistema de lectura, hay que decir que el número total de cámaras de deriva del barril de CMS es de 250, siendo aproximadamente 172.200 el número total de canales en el subdetector. Por otro lado, el sistema debe ser capaz de funcionar durante 10 años bajo las condiciones ambientales del interior de CMS, como son la radiación remanente (fluencia de neutrones de 10^{10}cm^{-2} y dosis integradas de $\sim 1\text{Gy}$), los campos magnéticos ($\sim 0.08\text{ T}$) que obligan a emplear un sistema de refrigeración basado en conducción por agua, y el difícil acceso a la zona que permitirá un escaso mantenimiento.

II. LA ELECTRÓNICA DE LECTURA Y EL MINICRATE

La electrónica de lectura de las cámaras de deriva está basada en las tarjetas Read-Out Boards (ROB) diseñadas en el CIEMAT y que permiten leer hasta 128 canales. En estas tarjetas se utilizan cuatro ASIC's llamados HPTDC (High Performance Time to Digital Converter), desarrollados en el Laboratorio de Microelectrónica del CERN, y que son capaces de operar bajo los requisitos de CMS de frecuencia de operación, tasas de datos, solapamientos de disparos, etc., proporcionando resoluciones inferiores a 1 ns.

Las tarjetas ROB se instalan junto a las cámaras, en una estructura de aluminio denominada Minirate (MC). En ella se integran junto a la electrónica de disparo de muones, compartiendo la alimentación, la mecánica, el sistema de refrigeración, las señales de las cámaras y las del sistema de distribución de reloj de CMS.

En la figura 1 se puede observar un MC montado con tarjetas ROB, sobre las cuales se conectarán las tarjetas de la electrónica de disparo. En el centro del MC se sitúa una tarjeta de control llamada Chamber Control Board (CCB) que se encarga de configurar y monitorizar todas las ROB's del MC. Además, la CCB realiza de interfaz con el sistema de distribución de reloj, de disparo y de comandos globales de CMS, existiendo una conexión diferencial punto a punto en el MC para la transmisión del reloj de 40.08 MHz del LHC.

Finalmente, otro de los elementos de interconexión incluidos en el MC es el enlace a 240 Mbps para transmitir la información digital de cada ROB al siguiente nivel de la cadena de adquisición de datos.

Con el fin de validar el diseño de la electrónica se realizaron diversas pruebas que incluyen tanto medidas de la tasa de fallos del enlace de datos, como ciclos térmicos, estudios del tiempo de vida de las tarjetas, medidas de la resolución temporal, pruebas bajo radiación² o pruebas bajo haz³, que en conjunto garantizaron su correcto funcionamiento.

En consecuencia, se procedió a la fabricación del total de las 1550 tarjetas ROB y a su montaje en los MC's, tarea que junto con el diseño y fabricación de la mecánica y de los cables del MC se está llevando a cabo actualmente en el CIEMAT.

III. SISTEMA DE PRUEBAS DEL MINICRATE

Con el fin de asegurar el correcto montaje de los MC's y validar el funcionamiento de todo el conjunto, se ha desarrollado un sistema de pruebas en el laboratorio que permite operar el MC sin necesidad de estar conectado a una cámara de deriva.

Este sistema está basado en un PC conectado a un sistema VME que contiene: tarjetas para generar las señales de reloj, de disparo y de control global de CMS, tarjetas para emular señales procedentes de las cámaras de deriva para todos los canales de un MC y también una tarjeta de adquisición de datos de segundo nivel que permite la lectura de la información digital. La mayoría de estos elementos, así como el software necesario para las pruebas han sido desarrollados en el CIEMAT.

Este sistema de pruebas realiza un chequeo exhaustivo del MC, verificando todas las interconexiones, los mecanismos de protección de la alimentación, la medida de tiempos, los valores de tensión, corriente y temperatura que proporcionan los sensores incluidos en las ROB, las posibles interferencias entre canales y también, la desactivación independiente de cada elemento del sistema aislando así las unidades funcionales para minimizar la propagación de fallos.

Mediante este sistema de pruebas se han validado actualmente 80 MC's, lo que supone un 30% de la producción total que se espera finalice a principio del 2006.

Finalmente, confirmando lo previsto, el diseño del MC y su correcta operación conectado a cámaras de deriva ha sido probado en diversas pruebas bajo haces de muones con una estructura similar a la del LHC. Estas pruebas tuvieron lugar en Mayo de 2003 y en Noviembre de 2004, en el CERN, obteniéndose resultados satisfactorios en ambos casos al no encontrarse ningún error debido a la electrónica.

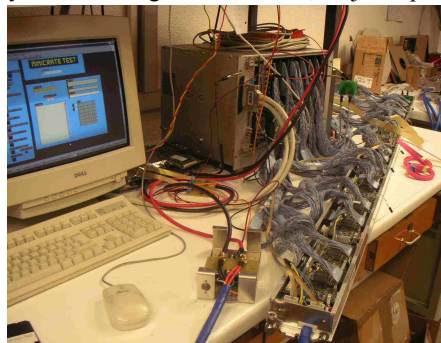


Figura 1. Imagen del sistema de pruebas desarrollado para validar el correcto montaje y funcionamiento del primer nivel de la electrónica de lectura de las cámaras de deriva de CMS.

Referencias

¹ *The Muon Project, Technical Design Report*. The CMS Collaboration. CERN-LHCC 97-32. Diciembre, 1997.

² *Single Event Effects Measurements on the Electronics for the CMS Muon Barrel Detector at LHC*. S. Agosteo et al. NIM A489. Marzo, 2002.

³ *Test beam analysis of the first CMS drift tube muon chamber*. C. Albajar et al. NIM A525 pp465-484. Enero, 2004.