

Rendimiento del detector de Tiempo de Vuelo de CDF II

Javier Fernández, Gervasio Gómez, Jónatan Piedra,

Teresa Rodrigo, Alberto Ruiz, Iván Vila, Rocío Vilar

Instituto de Física de Cantabria, CSIC-Univ. Cantabria, Avda. Los Castros, s/n 39005 Santander

I. INTRODUCCIÓN

Tras el éxito del Run I, entre 1992 y 1996, el experimento CDF se ha actualizado, incorporando nuevos detectores y mejorando los existentes [1] para el Run II que comenzó en Marzo de 2001. La instalación del detector de Tiempo de Vuelo (Time Of Flight, TOF) se completó en Agosto de 2001 y sus datos se han recogido desde entonces.

La identificación de partículas con el TOF se realiza midiendo el tiempo de llegada de la partícula al centelleador con respecto al tiempo de colisión t_0 , y obteniendo la masa m a través de su relación con el momento p y el recorrido L , medidos ambos por la cámara de trazas. Con una resolución esperada de 100 picosegundos, el TOF es capaz de separar kaones cargados de piones con más de 2 desviaciones estándar hasta momentos de 1.6 GeV/c. Con tales resultados la potencia de etiquetado del sabor del quark b se incrementa notablemente, mejorando la precisión estadística en medidas de oscilaciones de hadrones B y violación CP.

II. EL TOF DE CDF II [2,3,4]

Consiste en 216 barras de centelleador Bicron BC-408, de 279 cm de longitud y 4x4 cm² de sección, colocadas a un radio de ~ 138 cm de la línea de los haces y cubriendo una región de “pseudorapidez” de aproximadamente $|\eta| < 1$.

Un tubo fotomultiplicador (PMT), tipo “fine mesh”, de 19 etapas, Hamamatsu R7761, con un diámetro de 3.81 cm, está pegado a cada lado de la barra, haciendo un total de 432 PMTs. Éstos operan en el campo magnético solenoidal de 1.4 Tesla, con una reducción en ganancia de ~ 500, respecto de la nominal 10⁶.

La señal “front-end” es dividida en dos: una para medidas de tiempo y otra para alturas de pulso. La señal temporal entra en un discriminador “leading edge”, con umbral ajustable y su salida sirve de señal de entrada para el convertidor “Time-to-Amplitude Converter” (TAC) [5]. La rampa del TAC es terminada por un “common stop clock edge”, sincronizado con el cruce de los haces pp y desplegado a todos los canales electrónicos con un “jitter” diseñado de menos de 25 psec. La salida de voltaje del TAC es analizada por un ADC de 12-bit, caracterizado por tener una cuenta mínima de 17 psec. en un rango dinámico de 60 nsec. La respuesta del TAC es excelentemente estable, desde el comisionado de la electrónica, con una variación residual, tras calibrado, de menos de 17 psec.

El propósito principal de medir la carga es para corregir la dependencia del discriminador con la amplitud de la señal. La medida de la carga se realiza por un ADC sensible a carga [5]. El “driver” de corriente es encendido por una puerta de anchura ajustable e iniciado por la salida del discriminador, de modo que sólo la carga debida al pulso que disparó el discriminador es integrada.

III. CALIBRADO DEL TOF Y RENDIMIENTO INICIAL

El tiempo en que un pulso del PMT es registrado, medido con respecto al tiempo nominal de cruce de los haces puede modelarse por la expresión siguiente:

$$t = c + t_0 + tof + (L/2 \pm z)/s - S(Q)$$

donde c es un "offset" constante que describe los retrasos por la propagación en los cables, t_0 representa el tiempo de la interacción, tof es el tiempo de vuelo de la partícula que golpea la barra, de longitud L , z la posición de entrada en ella, s la velocidad efectiva de la luz en la misma y el último término describe el efecto de "time-walk" introducido por el discriminador "leading edge". La coordenada z está medida por la cámara de trazas, siendo el signo positivo (negativo) correspondiente al PMT de la zona oeste (este) del detector. La medida de los parámetros en la ecuación previa, para cada canal, es una etapa esencial para lograr la resolución de 100 psec. y se realiza regularmente durante la toma de datos.

Cuando una partícula cargada entra en la barra, la diferencia de tiempo entre señales de los lados este y oeste es, esencialmente, una función lineal del valor de z en el punto de entrada. La velocidad efectiva de la luz en la barra se infiere de la pendiente de dicha función.

Trazas que golpean el centelleador en la misma posición z tienen una respuesta ADC bien descrita por una curva de Landau. La forma del pulso se ha estudiado usando una muestra de trazas que pasan por dos barras adyacentes. Debido a la longitud de atenuación finita en las barras (~ 325 cm) la altura del pulso depende del punto de entrada de la traza, z , y la corrección de "time slewing" introduce una dependencia lineal en la diferencia de tiempo $t_{este} - t_{oeste}$ con respecto a z . Esta corrección de "time slewing" se ha aplicado en la determinación de la velocidad de la luz.

Tras todas las calibraciones y correcciones aplicadas, hemos obtenido una resolución temporal de 110 psec. con una RMS de 15 psec., próxima a nuestra meta.

IV. CONCLUSIÓN

El nuevo detector de Tiempo de Vuelo de CDF II opera desde Agosto de 2001. Desde entonces ha trabajado con buen rendimiento, sin problemas significativos. La primera ronda de calibraciones está disponible y los estudios preliminares muestran que la resolución de 100 psec. puede obtenerse. Esperamos mejoras sustanciales usando el TOF en el programa de física de B de CDF en los próximos años.

REFERENCIAS

- [1] R.Blair et al., "The CDFII Detector: Technical Design Report", FERMILAB-PUB-96-390-E.
- [2] C.Paus et al., "Design and Performances Test of the CDF Time-of-Flight system", NIM, vol. A461 (2001) 579-581.
- [3] C. Grozis et al., "The Time-of-flight Detector at CDF", Nucl.Phys.Proc.Suppl., vol. 47 (2001) 344-347.
- [4] C.Grozis et al., "A Time-of-Flight Detector for CDF", Int.J.Mod.Phys. A16S1C (2001) 1119-1121.
- [5] C.Chen et al., "Front End Electronics for the CDFII Time-of-Flight System", in the proceedings of 2001 IEEE NSS/MIC Symposium.

