

DESARROLLO DE UN MCS MICROCONTROLADO PARA ESPECTROMETRÍA DE NEUTRONES POR TIEMPO DE VUELO

Baltuano O.⁽¹⁾ obaltuano@ipen.gob.pe; Soto C.⁽²⁾ soto.cy@pucp.edu.pe;
Munive M.⁽¹⁾ mmunive@ipen.gob.pe

(1) *Departamento de Física – IPEN / Lima, Perú*
(2) *Pontificia Universidad Católica del Perú / Lima, Perú*

RESUMEN

Se explican diferentes aspectos relacionados con el diseño, construcción y pruebas de un módulo MCS microcontrolado, para ser usado en la caracterización de haces de neutrones en el rango térmico utilizando el método de medición de tiempo de vuelo. El sistema está desarrollado en base a un microcontrolador PIC17C43, lo cual reduce la cantidad de componentes utilizados y el costo del equipo. Las pruebas de funcionamiento han sido realizadas en la columna térmica y en los conductos radiales de irradiación del reactor RP-10 del IPEN.

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los métodos más sencillos para realizar la caracterización de haces de neutrones (determinación del espectro energético) consiste en la medición directa de la velocidad con que se mueven dichos neutrones. Este método conocido como medición por tiempo de vuelo (TOF), involucra la utilización de un sistema mecánico de conmutación del haz de neutrones (chooper), un sistema de detección de neutrones y un sistema electrónico de alta velocidad capaz de medir los intervalos de tiempo que transcurren entre la apertura del haz de neutrones y el instante en que son detectados. Considerando la velocidad promedio de neutrones térmicos la cual es de aproximadamente 2200 m/s y el límite práctico de espacio disponible en las inmediaciones de las facilidades de irradiación de un reactor nuclear, 3-4 m, esto nos da un orden de magnitud del tiempo que dichos neutrones demorarían en recorrer dicha distancia: $\approx 1,5$ ms.

Un sistema electrónico capaz de hacer las mediciones de tiempo y a la vez de clasificar dichas mediciones en un histograma, con la velocidad suficiente para no perder información, podía ser realizado únicamente utilizando dispositivos digitales discretos. Sin embargo, en la actualidad, el desarrollo

acelerado de los microcontroladores de alta velocidad, han permitido que esta tecnología pueda ser utilizada en estas aplicaciones, con la consiguiente simplificación del sistema electrónico y reducción de costos. Estas ventajas, sin embargo, son ganadas a costa de la complejidad que involucra la programación de un microcontrolador.

2. DESCRIPCIÓN

Los aspectos de diseño más importantes para este dispositivo pueden resumirse en: número de canales y el ancho mínimo de cada canal. Además es importante establecer un mecanismo de comunicación con una PC para el almacenamiento y tratamiento de la información.

a. Determinación de características

Con la finalidad de ampliar el rango posible aplicaciones del dispositivo, se diseñó el dispositivo con un amplio rango de características de operación. Sin embargo, se estableció como límite mínimo, la capacidad de realizar mediciones en intervalos de hasta 10 μ s. El número de canales es seleccionable desde un mínimo de 64 hasta 8192 canales y cada uno tiene una capacidad de conteo de 4 bytes o 2^{32} cuentas.

b. Sistema electrónico

El núcleo del sistema electrónico está basado en un microcontrolador tipo RISC fabricado por la compañía Microchip. Dentro de la amplia variedad de microcontroladores de este tipo, se eligió el PIC17C43 por su capacidad de funcionar en modo extendido, lo que le permite mapear un banco de memoria externa como memoria de programa. Aunque la memoria de programa (4K), reside físicamente dentro de la memoria EPROM del microcontrolador, la memoria externa puede ser utilizada como una ampliación de la memoria de programa o como una memoria de datos. Esto último es posible debido a que este microcontrolador dispone de un

conveniente grupo de instrucciones que permiten realizar esta operación. La memoria RAM interna del dispositivo (398 bytes) es insuficiente para almacenar 8192 canales de 4 bytes cada uno, por lo cual fue necesario recurrir a bancos externos.

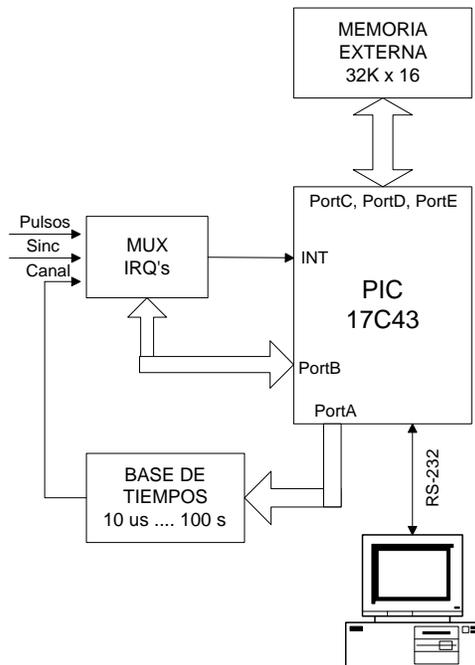


Figura 1. Diagrama de bloques que muestra las etapas del sistema desarrollado.

Para la operación del sistema, se requiere controlar 3 señales independientes. Estas son: señal de pulsos (proporcionada por el detector), señal de sincronismo (proporcionada por el chopper y utilizada para reiniciar la secuencia de contaje) y la señal de canal (proporcionada por la base de tiempos interna, que determina el ancho temporal de los canales). Todas estas señales son multiplexadas para ser atendidas como fuentes de interrupción externas del microcontrolador. La multiplexación es necesaria debido a que el PIC17C43 solo dispone de una entrada como fuente de interrupción externa. Las 3 señales de interrupción son priorizadas por software según el siguiente orden:

- Sincronismo (máxima prioridad)
- Canal
- Pulsos (mínima prioridad)

El contaje de pulsos y de canal se realiza íntegramente por software en modo binario. La velocidad de operación del PIC, 33 MHz, y su arquitectura RISC, permiten realizar estas

operaciones sin pérdidas significativas de tiempo.

La base de tiempos para proporcionar la señal de canal, se construyó con un cristal de 8 MHz a partir del cual se generan las señales necesarias para producir los anchos de canal deseados: 10 μ s, 100 μ s, 1 ms, 10 ms, 100 ms, 1 s, 10 s, 100 s. Estos valores de tiempo además pueden ser escalados x1, x2, x4 y x8, aumentando las posibilidades de selección de ancho de canal.

Todo el sistema electrónico es capaz de funcionar en modo stand-alone. Sin embargo, para su operación inicial es necesario programarlo con los parámetros de operación. Esta programación se realiza desde de una computadora PC a través de un puerto serial RS-232.

c. Comunicación y control

El control del sistema electrónico es realizado desde una PC, que únicamente es necesaria para la inicialización del sistema y para la recuperación posterior de los datos. La comunicación se realiza vía puerto serial RS-232 sin handshaking, con las siguientes características:

9600 bps, 8 bits, 1 bit parada, sin paridad

Los parámetros a ser inicializados son: número de canales y ancho de canal.

Se desarrolló un software elemental para realizar las operaciones antes mencionadas, así como para enviar las instrucciones de inicio/parada de contaje. Igualmente la visualización preliminar de los datos en forma gráfica.

3. RESULTADOS

Las pruebas de operatividad del sistema MCS se realizaron a nivel de prototipo utilizando un generador de pulsos especialmente diseñado para este propósito. Luego de verificar el correcto funcionamiento con dicho generador de pulsos, se procedió a hacer mediciones de espectros por tiempo de vuelo en la columna térmica y los conductos radiales de irradiación No 2 y 4. En todos los casos se utilizó un chopper con una velocidad de giro de 11000 rpm y 2 ventanas, las cuales utilizando un sensor óptico producen una tasa de pulsos de 376 pulsos/s, los cuales son utilizados como señal de sincronismo. Los parámetros del MCS fueron: 512 canales y 10 μ s de ancho de canal. Los resultados de dichas mediciones se encuentran resumidos en la Tabla # 1.

Tabla 1. Resultados obtenidos en la caracterización de haces de neutrones, utilizando el sistema MCS.

Facilidad de RP-10	Columna Térmica	Conducto de Irradiación 02	Conducto de Irradiación 04
Tiempo de contaje	11 hora	60 minutos	50 minutos
E_{MAX} (meV)	$20,5 \pm 1,45$	$53,7 \pm 0,20$	$67,3 \pm 0,90$
Intervalo energético o de ajuste (meV)	7,46 -- 46,5	12,7 – 106,1	9,43 - 133,5

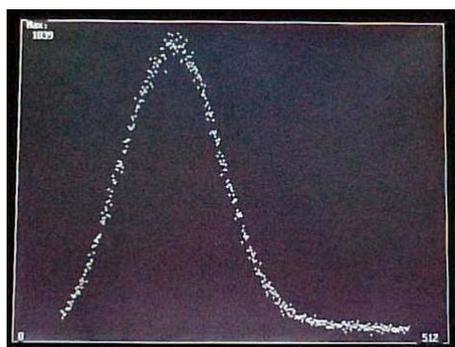


Figura 2. Espectro colectado usando el software de control desarrollado.

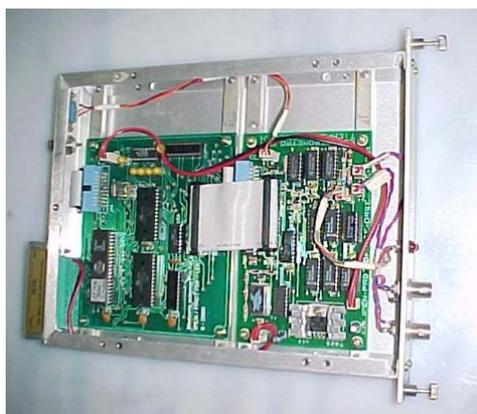


Figura 3. El sistema MCS montado dentro del módulo NIM.

4. CONCLUSIONES

Se ha podido observar a partir de los resultados de las pruebas, que el sistema MCS ha cubierto las expectativas. El costo de construcción de este sistema es bastante bajo y los parámetros de funcionamiento cubren un amplio rango de aplicaciones.

Aun así, el proceso de transferencia de los espectros a la PC, es comparativamente lento debido a las características propias de la comunicación serial RS-232. La adquisición de espectros en tiempo real, puede ser posible mediante una adecuada interface y una tarjeta *plug-in* para el slot de la PC.

5. REFERENCIAS

- [1] M. Munive, O. Baltuano; Espectrómetro por tiempo de vuelo (TOF) en el RP-10; Informe Técnico, IPEN, Perú, 2001.
- [2] PIC17C4X datasheet: High-Performance 8-bits CMOS EPROM/ROM Microcontroller. Hoja de especificaciones por Microchip Inc., USA, 1999.