

# Nuevo dosímetro de zona programable para la medición y monitoreo operacional de la radiación gamma externa

**René Toledo Acosta<sup>1</sup>, Raúl Arteche Díaz<sup>1</sup>, Guillermo Mesa Pérez<sup>1</sup>, Sandra Fernández Llanez<sup>1</sup>, Bárbara Fuente González<sup>1</sup>, José A. Tamayo García<sup>2</sup>, Gilberto Alonso Villanueva<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Centro de Aplicaciones Tecnológicas y Desarrollo Nuclear (CEADEN)

Calle 30 y 5ta Avenida, Miramar. Ciudad de La Habana, Cuba

<sup>2</sup>Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones (CPHR)

Calle 20 n° 4113 e/41 y 47, Playa. Ciudad de La Habana, Cuba

toledo@orasen.co.cu

## Resumen

La detección y la medición de las radiaciones nucleares se han convertido en un importantísimo renglón en la aplicación de los detectores nucleares y específicamente los Geiger-Muller. Los tubos Geiger con una alta sensibilidad de detección, su robusta construcción y un simple circuito adjunto continúan siendo uno de los detectores más usados en todas las áreas de aplicación en la física e investigaciones nucleares. Se presenta un nuevo diseño de instrumento para medir la tasa de dosis externa ambiental de radiación gamma desde 0,05  $\mu\text{Sv/h}$  hasta 10  $\text{mSv/h}$ . Consta de tres elementos fundamentales: el detector Geiger-Muller, una tarjeta electrónica de adquisición y control y el software de aplicación. El instrumento se comunica a través de una interfase USB con la computadora solo para variar y ajustar los parámetros de la calibración. El software se desarrolló en lenguaje C utilizando el compilador PICC4.08.

## A NEW PROGRAMMABLE ZONE DOSIMETER FOR OPERATIONAL MONITORING AND MEASUREMENT OF EXTERNAL GAMMA RADIATION

### Abstract

The detection and measurement of nuclear radiation have turn into an important aspect in the application of nuclear detectors and specifically, the Geiger Muller tubes. Endowed with high detection sensibility, robust construction and a relative simplicity of the associated circuit, the Geiger Tubes are still one of the most widely used detectors in all areas of application in physics and nuclear research. A new design of the instrument enables measurements of the environmental external dose rate of g (gamma) radiation from 0.05  $\mu\text{Sv/h}$  to 10  $\text{mSv/h}$ . It consists of three elements: Geiger-Muller detector, a data acquisition and control card and the application software. The instrument is connected to the computer through a USB interface only to vary and adjust the calibration parameters. The software was developed in C programming language using the PICC4.08 compiler.

**Key words:** *measuring instruments, data acquisition systems, design, gamma radiation, gamma sources, radiation doses, radiation protection, dosimetry, certification, control, nuclear medicine, doseimeters, electronic equipment*

## Introducción

Por la necesidad de velar por el medio ambiente y la protección individual y colectiva, la detección y la medición de las radiaciones nucleares se han convertido en un importantísimo renglón en la aplicación de los detectores nucleares y específicamente los Geiger-Muller. Los tubos Geiger con una alta sensibilidad de detección, su robusta construcción y un simple circuito adjunto continúan siendo los detectores más usados en todas las áreas de aplicación en la física e investigaciones nucleares.

Los usos más típicos de los Geiger son en la detección de las partículas alfa  $\alpha$ , beta  $\beta$ , rayos X y partículas gamma  $\gamma$ . Las aplicaciones típicas se encuentran en el chequeo sistemático de las propiedades de los colimadores, en la seguridad del personal, en cualquier situación de contaminación y en el monitoreo del ambiente cerca de las instalaciones nucleares. El ambiente cerca de las fuentes de las instalaciones nucleares es generalmente monitoreado por un número de instrumentos periféricos cada uno con dos tubos Geiger Muller. Para estas aplicaciones en la detección de accidente nuclear son ideales los zp1301 o el zp1313 para el monitoreo de alto nivel de radiación y los zp1221/01 y zp1320 para el monitoreo de bajo nivel de radiación.

Al mismo tiempo, en una institución médica donde se labore con fuentes radiactivas o radiofármacos es imprescindible disponer de un Dosímetro de Zona que mida tasas de dosis ambiental hasta 10 mSv/h. Para disminuir el consumo de corriente y abaratar los costos se diseñó el instrumento relacionado con una base tecnológica superior a sus predecesores [1-3].

El empleo de este instrumento constituye una obligación establecida por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el OIEA mediante la norma IEC846 [4].

Las características técnicas logradas son producto de la propia calidad tecnológica de los componentes electrónicos utilizados y del diseño seleccionado.

## Descripción del hardware

El Dosímetro de Zona es básicamente un dispositivo para realizar radiometría nuclear por un solo canal de detección partiendo de un detector Geiger-Muller del tipo zp1320. El instrumento se compone de las siguientes partes fundamentales: fuente de alto voltaje para el detector Geiger Muller, circuito para la adquisición y control de la información con salida a Display, la interfase USB solo para ajustar y variar los parámetros de calibración del instrumento y por último el software de aplicación. Además, el instrumento permite realizar mediciones con las condiciones de automatización, seguridad

y confiabilidad necesarias y mantener fijas las posiciones alcanzadas, lo que posibilita repetir las mediciones con las mismas condiciones.

El núcleo del hardware del instrumento es el microcontrolador PIC18F2455 [5]

En la figura se muestra el diagrama en bloques de los circuitos electrónicos del Dosímetro de Zona.

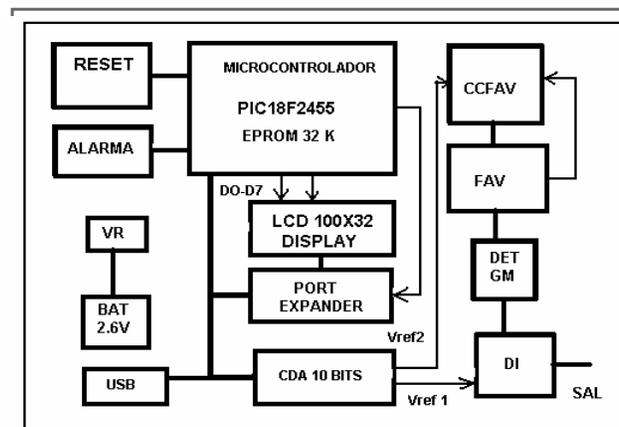


Figura 1. Diagrama en bloques del Dosímetro de Zona DZ10GM.

La sección radiométrica está constituida por un comparador integral. Los pulsos de salida (SAL) del comparador se conectan directamente a la entrada de conteo del microcontrolador T0.

El microcontrolador utilizado se encarga de todo el funcionamiento del instrumento, entre los cuales se encuentra atención a teclado (CTR), a display y por la capacidad interna de Memoria EPROM, almacenar el software de aplicación. La salida de datos del microcontrolador se conecta a un expansor de puerto MAX7310 [6] para la transmisión de estos hacia el display y a cuatro conversores digital-análogos del tipo DAC 6574 [7] de 10 bits para fijar los voltajes de referencias para la fuente de alto voltaje y para el umbral de discriminación.

La fuente de alto voltaje se diseñó con un convertor DC-DCHV (circuito híbrido de bajo consumo), pequeñas dimensiones y alta estabilidad QO-7 [8] que garantiza la polarización correcta del detector (DET) Geiger-Muller. El intervalo de regulación de la fuente va desde 100 V hasta 700 V, aunque el intervalo de voltaje de alimentación del detector para obtener mayor eficiencia en los conteos está entre 510 y 600 voltios, intervalo de voltaje óptimo señalado por el productor. Al circuito se le adicionó un circuito de regulación del voltaje de entrada y un circuito de filtrado para el voltaje de salida hacia el detector.

Una de las ventajas logradas es la utilización de baterías recargables de 1,2 V y de 1000 mA/h y un circuito DC-DC MAX1796 [9] para el ajuste del voltaje de alimentación de +5 V a todo el circuito analógico y digital del instrumento.

## Descripción del Software de Aplicación

El software se desarrolló en lenguaje C utilizando el compilador PICC4.08.

El programa principal cuenta con 4 ficheros:

- 1 Dosim.C: contiene el programa principal y las demás funciones escritas en C.
- 2 CSARTUP.S03: contiene las inicializaciones de las variables, se define el stack y los vectores de interrupción.
- 3 Interrup.S03: contiene las subrutinas de atención a interrupciones y las declaraciones del grupo de variables fijas (no se deben inicializar cuando empieza el programa, sino que mantienen sus valores en memoria, entre ellas el factor de calibración, etc.).
- 4 Dosim.XCL: contiene las definiciones de las direcciones de los segmentos, el stack interno, el banco de registro, así como de los comandos para el enlazador.

La medición se realizó fijando el valor del alto voltaje al detector y el nivel de discriminación de los impulsos provenientes del tubo Geiger. Posteriormente se tomó el conteo de cada segundo y se comparó con el promedio de los conteos de los últimos  $\tau$  segundos. El valor de  $\tau$  se fijó en un intervalo de 1 a 25 segundos. Con este método se logró promediar las fluctuaciones de las radiaciones y además, permitió visualizar rápidamente un cambio de intensidad. Se obtuvo una indicación sonora por cada partícula detectada. El nivel de alarma se chequeó cuando el promedio sobrepasó el nivel de alarma fijado y emitió un sonido agudo.

Los valores de  $\tau$  (cantidad de segundos para los que

se calcula el promedio), la desviación que indica si un cambio es significativo, el nivel de alarma, la posibilidad de indicación sonora y el factor de calibración, se pudieron introducir y/o modificar a través de la opción Setup.

Con los valores conteo y tiempo se obtuvo la cantidad de conteos por segundos, la que se multiplicó por el factor de calibración y dio como resultado la potencia de dosis en  $\mu\text{Sv/h}$ .

Los parámetros de la medición se especifican o modifican por mediación de la tecla Setup. En el software se logró que en el momento de variar la configuración del instrumento se desconecte el alto voltaje con el fin de disminuir el consumo.

## Conclusiones

La ejecución de este proyecto cumplió a cabalidad con los objetivos propuestos del diseño de un nuevo Dosímetro de Zona calibrado por los Laboratorios Secundarios de Calibración Dosimétrica del CPHR. Los resultados finales de las mediciones se aprecian en la tabla. Según señala la norma IEC 846 el error intrínseco para instrumentos de esta clase no debe sobrepasar el 40%. El instrumento de referencia logró en general en las tres escalas de las tasas de dosis del irradiador del CPHR 6,79% sin incluir las escalas medias de 45,8  $\mu\text{Sv/h}$  y 68,6  $\mu\text{Sv/h}$ . Incluyendo los valores obtenidos en estas dos magnitudes se obtuvo 8,6%. Esto demostró que el Dosímetro de Zona diseñado cumple con la norma establecida para esta clase de instrumentos. Por los resultados alcanzados se emitió el Certificado de Calibración CPR1043 y el sello de "CALIBRADO".

El nuevo diseño permitió disponer de un instrumento de alta tecnología y de producción nacional para ser utilizado en los módulos de medicina nuclear y otras instituciones que necesiten medir la tasa de dosis ambiental de rayos gamma en un intervalo desde 0,05  $\mu\text{Sv/h}$  hasta 10 mSv/h.

**Tabla.** Resultados finales de las mediciones realizadas con el Dosímetro de Zona calibrado por CPHR

DFD (cm)	IRRADIADOR								
	OB 6.1			OB 6.2			OB 6.3		
	Valor patrón $\mu\text{Sv/h}$			Valor patrón $\mu\text{Sv/h}$			Valor patrón $\mu\text{Sv/h}$		
200	9464,517	9576,0	1,17%	933,329	977,0	4,67%	86,982	97,78	12,41%
225	7478,082	7758,0	3,74%	737,560	744,6	0,95%	68,663	80,76	17,61%
275	5005,917	5114,0	2,15%	493,892	530,0	7,31%	45,878	56,36	22,84%
400	2365,992	2074,0	12,34%	233,622	268,0	14,71%	21,583	24,40	1,05%
700							8,29	8,756	5,62%
800							6,62	7,154	8,06%
1000							4,35	4,402	1,95%

## Referencias Bibliográficas

- [1] Programmable Zone Dosimeter for Operational Monitoring and Measurement of External Gamma Radiation. Sixth Mexican Symposium on Medical Physics. México City, México 2002. p. 247-250.
- [2] KNOLL GF. Radiation, Detection and Measurement. 1979.
- [3] Manual del Dosímetro de Zona DKC-04. Certificado 2.805.395 PS-A.
- [4] OIEA. Norma del OIEA No: IEC 846:1989.
- [5] Microchip Technology Inc. PIC18F2455 Data Sheet, 2007.
- [6] Maxim. 2-Wire-Interfaced 8 Bit I/O Port Expander with Reset. Data Sheet 19-2698, Rev0, 1/03.
- [7] Texas Instruments. Quad 10 Bit, Low Power Voltage output, I2C Interface Digital to Analog Converter. December 2003.
- [8] EMCO High Voltage Corporation. Ultra Miniature DC to HV DC Converters Q-Series.
- [9] Maxim. Low Supply Current Step-Up DC-DC Converters with True Shutdown Data Sheet, 19, 1798, Rev0, 12/00.

## Bibliografía Consultada

- [1] ATTIX FH. Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry. John Wiley & Sons, 1986.
- [2] Data Transmission Circuits. Data Books. 1993.
- [3] DORSCHER B, SCHRICHT V, STEUER J The Physics of Radiation Protection. Nuclear Technology Publishing, 1996.
- [4] Geiger Mullers Tubes. Manual CENTRONIC. 1992.
- [5] GREENING JR. Fundamentals of Radiation Dosimetry. Medical Physics Handbooks. 2nd edition. Adam Hilger Ltd, 1985.
- [6] Ingeniería del Software: un enfoque práctico. Madrid: Mc Graw Hill, 1993.
- [7] JONHS HE, CUNINGHAM JR. The Physics of Radiology. 4a edition. Charles C Thomas Publisher, 1983.
- [8] PROGRAMANDO EN C++. Editora CAMPUS, 1993.
- [9] TURNER JE. Atoms, Radiation and Radiation Protection. 2nd edition. 2004.
- [10] Windows Wisdom for C and C++ Programmers. New York: John Wiley & Sons, 1993.

**Recibido:** 25 de octubre de 2010

**Aceptado:** 11 de noviembre de 2010