

Alarma gamma para la protección radiológica

René Toledo Acosta, Guillermo Mesa Pérez, Dania Soguero González, Sandra Fernández Yanes, Bárbaro Robaina Martínez, Eduardo Valdés-Balsinde Fraga

Centro de Aplicaciones Tecnológicas y Desarrollo Nuclear (CEADEN)
Calle 30 y 5ta Avenida, Miramar, La Habana, Cuba
toledo@ceaden.edu.cu

Resumen

En el presente trabajo se describe el desarrollo de un instrumento para el monitoreo radiológico identificado como Alarma Gamma (GAMAL01). Estos monitores detectan el incremento de la tasa de conteo de la radiación y emiten una alarma cuando esta magnitud sobrepasa un umbral determinado. El umbral para la emisión de la alarma se fija de manera que esta se produzca cuando se considere que la tasa de conteo de la radiación pueda provocar una exposición inaceptable del personal a las radiaciones, de acuerdo a lo establecido por las normas de seguridad radiológica vigentes en el país. La señal de alarma indica la necesidad de realizar la evacuación del personal del sitio afectado. El instrumento consta de dos secciones: una analógica y otra digital.

Palabras clave: Detectores de Geiger-Müller, adquisición de datos, radiación gamma, protección contra las radiaciones, dosimetría, sistema de alarma

A Gamma Alarm system for radiation protection

Abstract

This paper describes the development of an instrument for radiological monitoring, identified as Gamma Alarm (GAMAL01). The instrument monitors the increment of radiation count rate and produces an alarm signal, when the count rate becomes superior to a fixed threshold value. The threshold is fixed to assure that the signal emission will start when the value of the radiation count rate may cause a non acceptable radiological exposition of the personnel, according to the radiological safety regulations existing in the country. Following the signal the personnel must be evacuated from the affected place. The instrument consists of two sections, an analogical section and a digital one.

Key words: Geiger-Müller counters, data acquisition, gamma radiation, radiation protection, dosimetry, alarm system

Introducción

Los riesgos relacionados con el uso de las radiaciones ionizantes deben evaluarse y controlarse sin restringir indebidamente la contribución de la energía nuclear al desarrollo equitativo y sostenible [1]. Existen publicaciones que ejemplifican accidentes radiológicos ocurridos durante la ejecución de prácticas con el uso de las radiaciones ionizantes [2]. Por ello, contar con un sistema que garantice la seguridad radiológica es de elevada importancia. Un elemento necesario para lograr este propósito consiste en tener un instrumento que emita una alarma cuando se presente un riesgo radiológico, lo que permita la evacuación oportuna del personal expuesto a las radiaciones.

En conformidad con lo establecido en las reglas básicas de seguridad en Cuba [3], las instalaciones que utilizan fuentes de radiaciones ionizantes deben cumplir con requisitos técnicos de seguridad, de tal manera que las exposiciones ocupacionales y las exposiciones po-

tenciales se mantengan en valores tan bajos como sean razonables y que no superen los límites establecidos en la normativa.

Los irradiadores gamma panorámicos son considerados como fuentes de mayor relevancia en cuanto al riesgo, por lo que deben cumplir con requisitos de seguridad y protección acorde con su importancia.

En el caso del irradiador ISOGAMMA LLC, con una actividad de 24 kCi e instalado en el Centro de Aplicaciones Tecnológicas y Desarrollo Nuclear (Ceaden), el recinto en el que está ubicado el irradiador debe estar blindado de forma tal que las tasas de dosis máximas en el exterior a nivel del suelo sean inferiores a $1 \mu\text{Sv/h}$. Ello significa que la dosis máxima anual recibida por una persona fuera del recinto será inferior a 0,25 mSv si se supone una ocupación máxima en la zona de 250 horas anuales. Esta dosis estimada se considera aceptable.

En el presente trabajo se describe detalladamente el instrumento desarrollado para el monitoreo y alarma gamma (GAMAL01) y se presentan consideraciones re-

lativas al diseño, los ensayos de laboratorio, los resultados de las certificaciones dosimétricas y conclusiones. El instrumento ofrece similares prestaciones a los ofertados en el mercado internacional como los de la firma HTSL (High Technology Sources Limited) [4].

El instrumento diseñado y construido permite que el país disponga de una tecnología con know-how propio para la seguridad radiológica, que puede ser instalada en varios laboratorios que cuenten con irradiadores gamma, así como en laboratorios donde se preparen o apliquen radiofármacos. La instalación de instrumentos en la variante que se presenta contribuirá a evitar la exposición del personal directamente expuesto a niveles inaceptables de las radiaciones gamma.

Materiales y métodos

El Instrumento consta de dos secciones, una analógica [5] y otra digital [6], la cual es como un sistema radiométrico convencional [7,8], tal como se muestra en el diagrama en bloques del instrumento (Figura 1). La sección analógica cuenta con el oscilador para la fuente de alto voltaje (OSCFAV), la fuente de tensión para su polarización (FAV), el detector Geiger J614 [9], la electrónica analógica asociada y una etapa digital e interfaz remota con la tarjeta de adquisición de los pulsos nucleares ya en lógica TTL (INTERFAZ). Los pulsos en lógica TTL de polaridad positiva se transmiten a la entrada de la tarjeta digital de adquisición con el microcontrolador ATmega88 [10]. Las señales son procesadas y monitoreadas en c.p.s. En caso de eventuales deficiencias del sistema del irradiador, ya sea por deshermetización de las fuentes, fallos en el nivel de cierre u otras que provoquen niveles radiacionales que sobrepasen el nivel prefijado, se activa la alarma y se procede a la evacuación del personal.

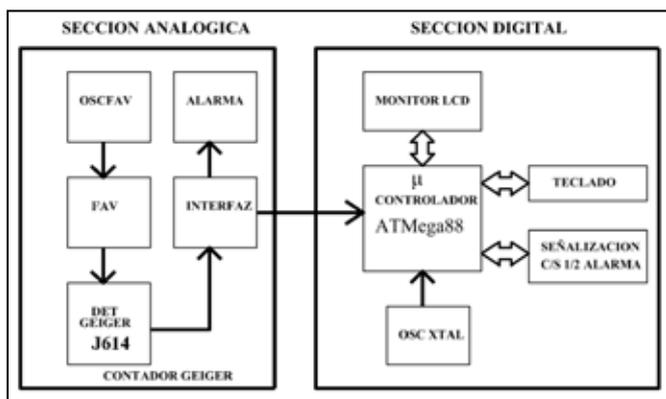


Figura 1. Tasa de sedimentación en los sitios estudiados.

Se realizaron estudios de los detectores a utilizar y se probaron varios tipos de diferentes suministradores. Por el costo y la factibilidad se utilizaron los SMB20 [11], de fabricación rusa y el J614 [9], de fabricación china. El primero, con un rango de hasta 1 mSv/h y el segundo, hasta los 10 mSv/h de dosis absorbida. La electrónica asociada a los dos detectores cumple los requisitos del alto voltaje de alimentación de 400 V y el bajo voltaje de alimentación para todo el instrumento.

La sección analógica es de bajo consumo (200 mA). Todo el circuito electrónico, tanto el analógico como el digital se alimenta de +9V por mediación de un adaptador de corriente externo de 300 mA. De usarse baterías de +9V recargables, el instrumento pudiera trabajar ininterrumpidamente por más de dos meses.

Las especificaciones técnicas de la sección analógica [5] son las siguientes:

- Voltaje de alimentación por un Adaptador de 9 V (+5V) para la lógica del microcontrolador, por mediación de un estabilizador LM7805)
- Corriente de consumo: máximo 300 µA según condiciones de las radiaciones
- Sensible a rayos gamma y beta de alta energía
- Alto voltaje de 400 V a 420 V
- Salida TTL al Microcontrolador ATmega88
- Dimensiones del PCB: 54x99x25 mm
- Peso: 55 g, excluyendo el chasis y la batería o el adaptador

Características técnicas del Detector J614

- Detector del tipo: Geiger-Muller J614
- Magnitud de medición: Conteo por segundo
- Rango de medición: 0,05 µS/h - 10 mSv/h
- Dependencia energética: 125 keV - 1,2 MeV
- Fluctuación estadística de la medición (desviación estándar): < 15 %
- Tiempo de respuesta: < 10 s para indicar el 90 % de cambio
- Resolución de la indicación del instrumento: 3 dígitos significativos

Uno de los circuitos más importantes de la sección analógica [5] es su oscilador para conformar el alto voltaje que alimenta el detector geiger (Figura 2).

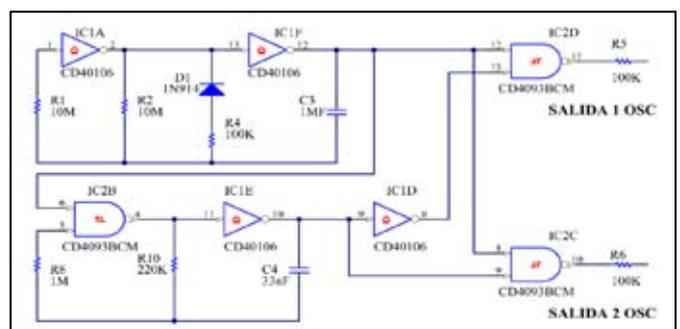


Figura 2. Oscilador de la sección analógica del contador Geiger.

El oscilador de la sección analógica funciona de la siguiente forma: El IC1A y el IC1F, pertenecientes al circuito integrado CD40106 [12] conforman el centro de un oscilador convencional. Cada 10 ms la salida de IC1F sube a positivo en algunos milisegundos. Solamente después, el circuito formado con IC2B (CI CD4093BCM) [13] y el IC1E (CI CD40106) forma el pulso de arranque. Esta señal se dirige a IC2D, IC2C y a los transistores PNP BC557 T1 y T2 (Figura 3).

Los transistores (T1 y T2) trabajan como interruptores y producen un voltaje alterno a la entrada de la fuente de alto voltaje. Esta fuente está conformada por

un transformador y un multiplicador de voltaje con diodos 1N4007 y condensadores de 33 nF la cual produce una tensión aproximada de 400 V (regulable electrónicamente) para alimentar a los detectores Geiger-Müller. La potencia de los detectores recae sobre el capacitor buffer C17 (Figura 4).

Las partículas radiactivas que llegan a los detectores causan un pico de corriente en R11 (220K) que le suministra un pulso de compuerta al formador compuesto por IC2A (CD40106) e IC1C (CD4093BCM) y se produce un sonido de 100 ms.

La salida de IC1C se conecta a la entrada del microcontrolador por el puerto PD3 (INT1) del ATmega88 pin 5 (Figura. 5).

Por cada partícula radiactiva que es detectada se produce un sonido y parpadea un LED como señaliza-

ción visual. La frecuencia del sonido indica la intensidad de las radiaciones. Dividiendo el número de los pulsos (min 50) por el tiempo de medición obtenemos la tasa de conteos. Este valor (c/s-1) se usa para leer la intensidad exacta de la radiación para la curva de sensibilidad de los Geiger Müller. Mientras mayor sea el tiempo de conteo de los pulsos, mayor precisión tendrá la medición.

Como características de los detectores Geiger-Muller, estos tienen una tolerancia aproximada del 10 %, por lo que para una intensidad de 2,5 c/s, la curva del geiger SMB20 descrita en [5] mostraría 1 mrem/h. Por ejemplo, bajo condiciones permisibles de exposición a las radiaciones no debe haber más de 10 sonidos por minuto, lo que equivale a 10-40 µrem/h. Si el vibrador arranca con más de 20 sonidos por minuto, el nivel de

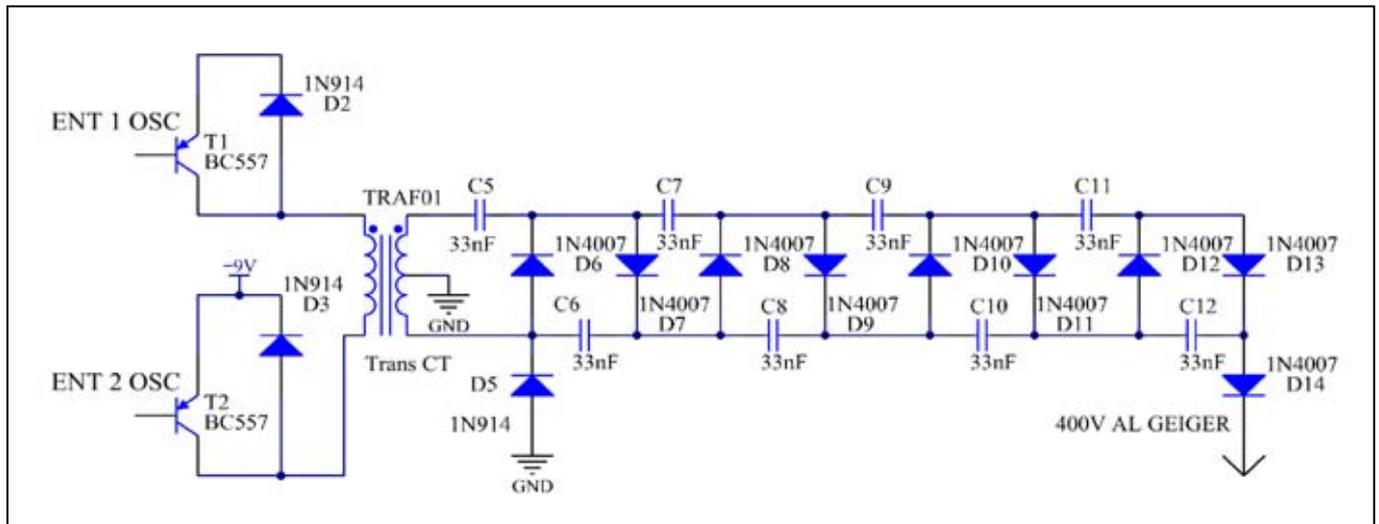


Figura 3. Fuente de Alto Voltaje para el detector Geiger-Müller.

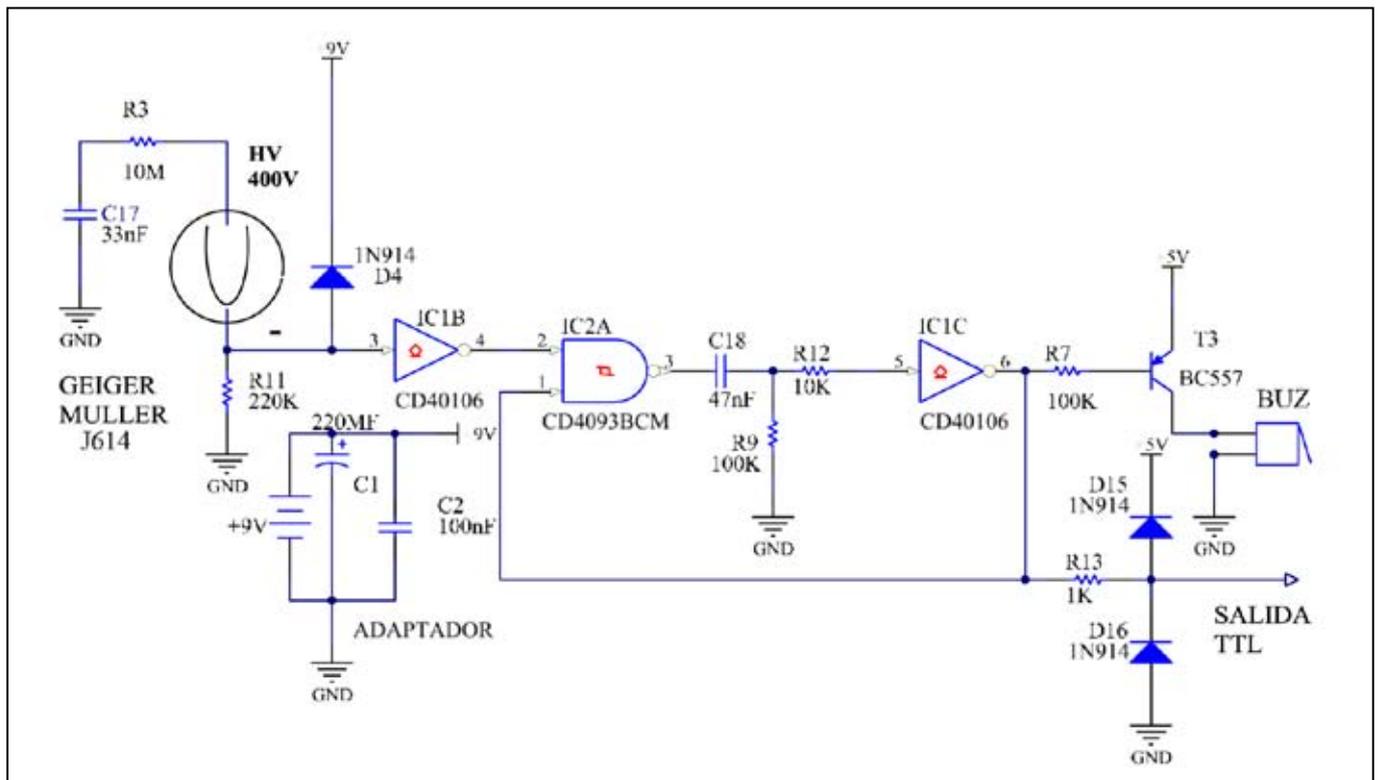


Figura 4. Circuito del Geiger-Muller e interfaz de salida al ATmega88.

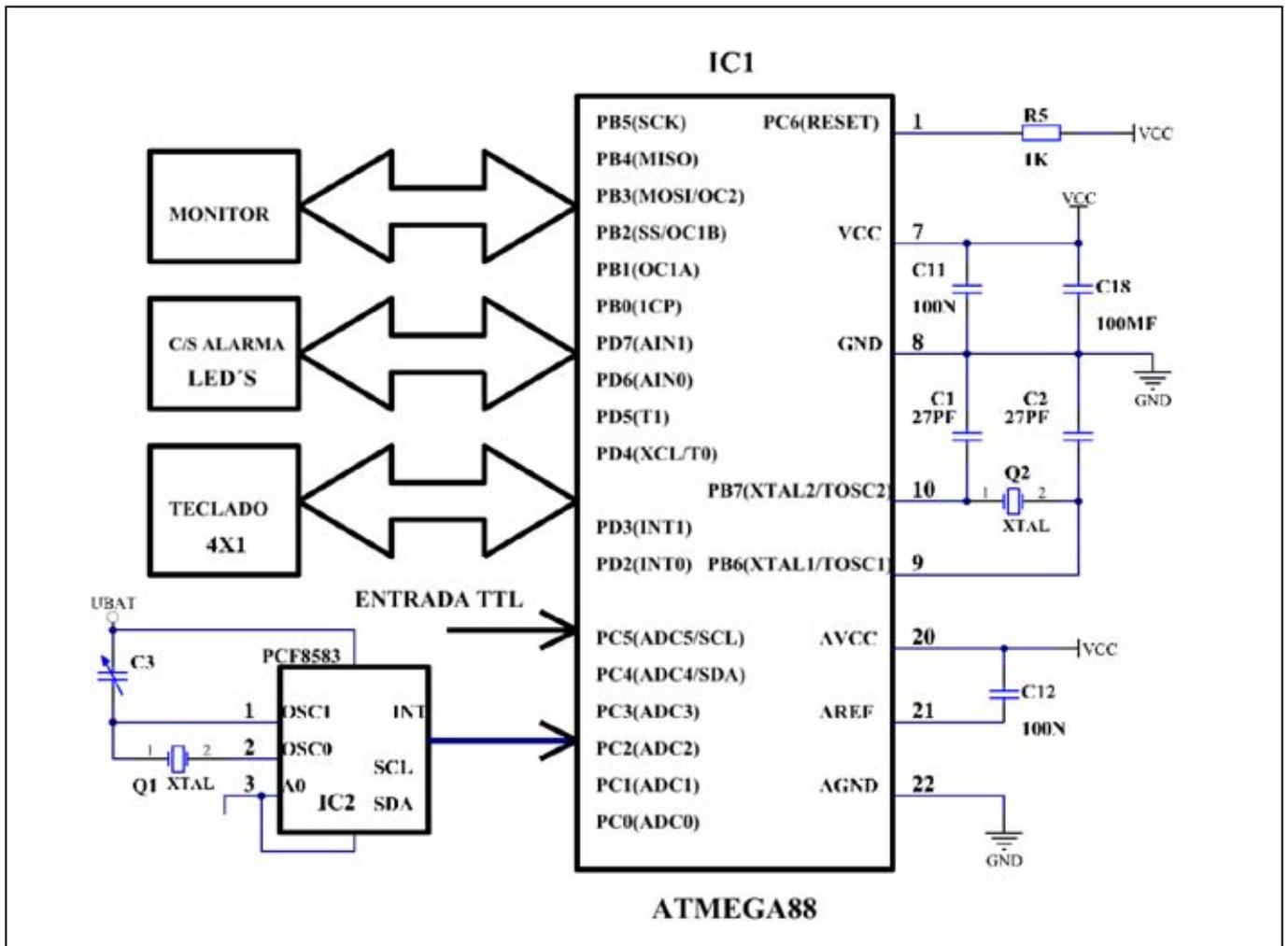


Figura 5. Sección digital de la Alarma Gamma sobre la base del microcontrolador ATmega88.

las radiaciones resulta perjudicial para la salud y se tienen que tomar las precauciones pertinentes.

Para la adquisición de datos y su procesamiento se utilizó como base un kit con microcontrolador ATmega88 (Figura 5) programado para visualizar conteos por segundos. Los pulsos digitales TTL resultantes tienen un ancho de 500 μ seg, suficiente para su conteo.

Resultados y discusión

El instrumento obtuvo el certificado de calibración (CPR/1606) que otorga el CPHR. Para su calibración se empleó el procedimiento PR/LSCD/15, de acuerdo al Reporte Técnico No. 16 del OIEA. Los resultados obtenidos de la calibración se muestran en la siguiente tabla.

Durante la verificación y calibración, la indicación del instrumento expresó su valor de desviación estándar

considerando el factor Students de un 68,3 %, con un intervalo de confianza ($t=1,14$).



Figura 6. Instrumento Alarma Gamma para la protección radiológica instalado en el CEADEN.

Tabla 1. Resultados de la comprobación de los parámetros metrológicos de la Alarma Gamma con el detector SMB20

Escala	Valor patrón	Indicaciones del Instrumento	Error intrínseco relativo %
10 μ Sv/h	5,82 μ Sv/h	5,69 \pm 0,33	2
100 μ Sv/h	60,55 μ Sv/h	66,32 \pm 1,86	10
1000 μ Sv/h	650,47 μ Sv/h	691,82 \pm 27,46	6
10000 μ Sv/h	6595,10 μ Sv/h	1295 \pm 39,65	80*

*Valor para los Geiger- Müller J614.

Conclusiones

La instalación del instrumento denominado GAMA01 en el Laboratorio de Irradiación del CEADEN permitió conservar la licencia de operación del irradiador del laboratorio y continuar con los servicios de irradiación que se prestan a varias instituciones científicas y de producción del país.

Referencias bibliográficas

- [1] IAEA. Radiation safety in industrial radiography. IAEA Safety Standards Series SSG-11. Vienna: IAEA, 2012. STI/PUB/1466.
- [2] ROZENTAL JJ. Two decades of radiological accidents direct causes, roots causes and consequences. Brazilian Archives of Biology and Technology. 2002; 45(special).
- [3] Norma Cubana. Reglas básicas de seguridad. NC-6901-81. NC, 1981.
- [4] Gamma alarma MB30. HTSL, 2003.
- [5] Velleman K2645. Geiger Müller Counter - Soldering Kit. 2011.
- [6] AVR-Starter kit with ATmega88. RIBU Electronic Versant. Nr.: 690040, 2005.
- [7] TOLEDO RB, OSORIO JF, LÓPEZ E, et. al. Programmable zone dosimeter for operational monitoring and measurement of external gamma radiation. Sixth Mexican Symposium on Medical Physics. México City, México. 20-22 March 2002. p. 247-250.
- [8] TOLEDO RB, ARTECHE DÍAZ R, MESA PÉREZ G, et. al. Nuevo dosímetro de zona programable para la medición y monitoreo operacional de la radiación gamma externa. Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones. 2010; XXXI(3): 28-31. http://rielac.cujae.edu.cu/index.php/rieac/article/view/67/pdf_61
- [9] Specification of J614 γ G-M detector. Beijing Nuclear Instrument Factory China National Nuclear Co.
- [10] ATMEGA88 Datasheet. ATMEL Corporation.
- [11] Tubes, sockets. Parameters and characteristics SMB-20. GS Tube Radiation Detector. <http://www.gstube.com/data/2398/>
- [12] CD40106 Datasheet. Texas Instruments, 2003.
- [13] CD40193 Datasheet. National Semiconductor, February 1988.

Recibido: 1 de noviembre de 2016

Aceptado: 15 de febrero de 2017