

## Medidor digital de alto voltaje no invasivo para generadores de rayos-X de uso médico. Informe preliminar

Eduardo Cunya<sup>1,\*</sup>, Ever Cifuentes<sup>1,3</sup>, Ricardo Ruíz<sup>2</sup>, Edgar Valdivia<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dirección General de Investigación y Desarrollo, Instituto Peruano de Energía Nuclear, Casilla Postal 1687, Lima 41, Perú

<sup>2</sup>Dirección General de Energía y Desarrollo, Instituto Peruano de Energía Nuclear, Casilla Postal 1687, Lima 41, Perú

<sup>3</sup>Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Av. Venezuela s/n, Lima 1, Perú

### Resumen

La verificación del parámetro Kilo-Voltaje seleccionado para un procedimiento de diagnóstico médico por Rayos X, se realiza a través del medidor que se describe en este reporte. Este instrumento emplea como detector de radiación un diodo PIN que produce una señal analógica que es convertida a formato digital, comparada, almacenada y finalmente presentada en dígitos decimales a través de un dispositivo micro-controlador AVR del fabricante ATMEL. La unidad está preparada para operar con baterías (9 voltios) y es totalmente portátil.

### Abstract

This report describes the assembly of a X-ray monitoring equipment, it uses like radiation detector a PIN photodiode. This electronic device produces an analog signal, which is converted to digital format, compared, stored and finally, showed in decimal digit through a AVR micro-controller device make by ATMEL. This electronic unit is prepared to work with 9 Volts battery and be totally portable.

### 1. Introducción

Los procedimientos de diagnóstico por Rayos-X, son una práctica muy difundida en hospitales y centros de atención de la salud por lo que el paciente es expuesto a un campo de radiación ionizante rigurosamente supervisado por el profesional físico-medico que tiene a cargo la instalación. Entonces, es preciso contar con un dispositivo de medición de los parámetros eléctricos básicos de operación de estas máquinas. Uno de ellos es el alto voltaje aplicado al tubo de Rayos-X encargado de producir la radiación utilizada en la obtención de la imagen estudiada por el radiólogo.

Se ha encontrado una relación del tipo proporcional, a través de un dispositivo semiconductor usado como detector de la radiación X, entre el voltaje aplicado y la energía de los fotones X producidos, esta relación lineal es posteriormente correlacionada con valores permisibles de dosis de exposición a las radiaciones [1]. El medidor está basado en el proceso de detección de radiación X de un dispositivo semiconductor DIODO PIN que entrega una

pequeña señal eléctrica de voltaje proporcional al voltaje aplicado en el tubo de rayos X de la maquina cuando es expuesto al campo de radiación producido.

### 2. Procedimiento Experimental

El medidor de Kilo-voltaje es construido sobre la base de un diodo fotodetector PIN de Silicio [2], este bloque funcional es fabricado por el Área de Electrónica del ININ en México, que entrega una señal de voltaje acondicionada en el rango de 0 a 1 V. El sistema de medición, inicialmente, hace un acondicionamiento de la señal de tipo analógica, para luego convertirla al tipo digital, tal como se indica mas adelante. Dependiendo del tiempo de exposición del DIODO detector, el sistema colecta cierto número de datos de conversión que corresponden a los valores de la señal analógica medida. La señal es entonces ingresada a uno de los canales de conversión A/D del micro-controlador ATMEGA 16 del fabricante ATMEL [3], empleando para su temporización un cristal oscilador de 16

\* Correspondencia autor: ecunya@ipen.gob.pe

MHz. El ancho de palabra seleccionado de la conversión A/D es 8 bits. El código de programa [4] encargado de efectuar la medición durante una exposición es ejecutado por el microcontrolador mediante un esquema ISR (rutina de servicio de interrupción), se calcula que realizando la captura de tres mediciones de la señal por cada milisegundo se obtienen unos mil datos que son promediados para dar la correspondiente lectura, siempre que consideremos un tiempo de exposición de aproximadamente 200 milisegundos. La unidad de procesamiento

(CPU) del medidor guarda los datos en formato binario en un bloque de memoria interna y posteriormente con la ayuda de un simple algoritmo de comparación ejecutado por la CPU se obtiene la lectura equivalente del voltaje aplicado a la fuente de generación de fotones X. Finalmente, la propia unidad de procesamiento controla y muestra las lecturas a través de un presentador de cristal líquido en formato decimal. En la Figura 1 se puede observar un diagrama de bloques funcionales del medidor.

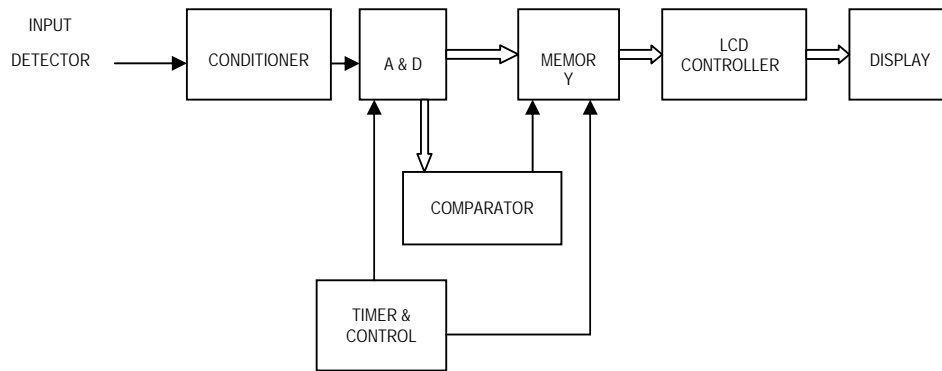


Figura 1. Diagrama de bloques del medidor de alto voltaje.

### 3. Resultados y Discusión

El circuito de acondicionamiento de señal de entrada, lo conforma un circuito integrado (U1) amplificador operacional el cual tiene una muy alta impedancia de entrada (Figura 2).

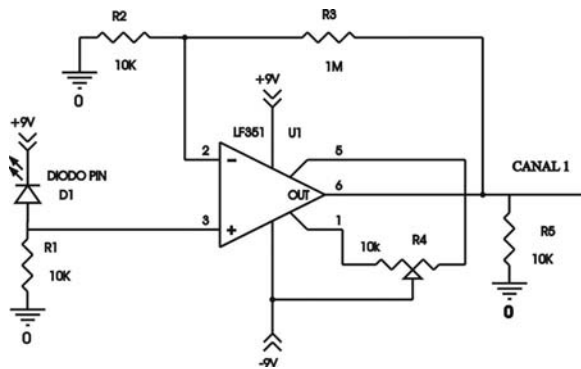


Figura 2. Circuito acondicionador de señal.

Utilizando el circuito anterior y con la ayuda de un osciloscopio digital (Tektronix, TDS 3000B) se obtuvo la forma de onda de alto voltaje para un equipo generador de rayos X cuyo valor nominal de trabajo es 70 KV, un tiempo de disparo de 400 milisegundos y

relación corriente-tiempo de 1mA-s. La técnica de conformación de pulso de alto voltaje por el generador es la de alta frecuencia (Figura 3).

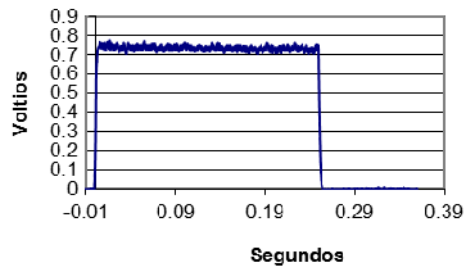


Figura 3. Forma de onda de alto voltaje en alta frecuencia.

### 4. Conclusiones

Es posible realizar el desarrollo y construcción de instrumentos de este tipo que permiten, tanto al operador de la máquina como al personal encargado del

mantenimiento preventivo o correctivo, verificar el control de calidad de la radiación X producida. Este tipo de instrumento de bajo costo con relación a uno comercial podría masificarse en beneficio directo del paciente que muchas veces es sobreexposto a dosis innecesarias. Otro aspecto a considerar es la calidad de imagen como resultado de la precisión de los parámetros y el uso eficiente de materiales e insumos en la preparación de las películas radiográficas. Afortunadamente existe en el mercado una gran variedad de herramientas de desarrollo de libre disponibilidad para este tipo de aplicaciones [5] que pueden acelerar el proceso de fabricación y con bajo costo.

### 5. Agradecimientos

Queremos expresar nuestro reconocimiento al Lic. Tony Benavente, Jefe del Laboratorio de Calibraciones Secundarias y a su personal profesional por todo el apoyo que brinda al desarrollo del presente trabajo y por las facilidades de calibración del instrumento.

### 6. Referencias

- [1] Custidiano ER, Ricciardi EJ, *et al.* Detección de radiación gamma con diodos semiconductores. Revista Argentina de Bioingeniería. 2002 Dic; 8(2):13-16.
- [2] Honeywell. Silicon PIN Photodiode SD3421/5421. Data Sheet.
- [3] Atmel Corporation. 8-bit Microcontroller with 16K Bytes In-System Programmable Flash ATmega16. Data Sheer. [serie en Internet]. Disponible en URL: <http://www.atmel.com>
- [4] Olimex Chile. AVR-PG1B programmer based on serial port Pony Prog design. Software freeware from Claudio Lanconelli. Specifications and schematics. [serie en Internet]. Disponible en URL: <http://www.olimex.cl>
- [5] Atmel Corporation. ATMEL AVR Studio 4 Copyright© 1996-2008 Version 4.15 User Guide. [serie en Internet]. Disponible en URL: <http://www.atmel.com>