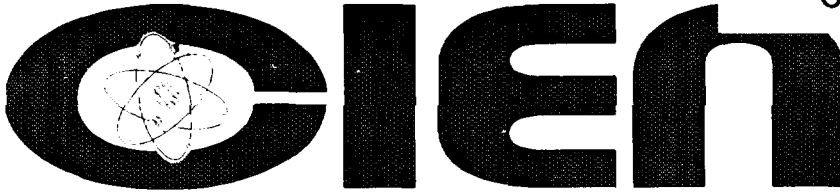




CU9900030



SISTEMA MONODETECTOR PARA DIAGNOSTICO (DETEC)

MONODETECTOR SYSTEM FOR DIAGNOSIS (DETEC)

ALONSO ABAD, D., FERNANDEZ PAZ, J.L., LOPEZ TORRES, E., LEMUS
CRUZ, O. M., LIZASO MENENDEZ, E., COCA, M.A., PEREZ, H.

Centro de Estudios Aplicados al Desarrollo Nuclear

La Habana, Cuba.

1997

30 - 22

SISTEMA MONODETECTOR PARA DIAGNÓSTICO (DETEC)

MONODETECTOR SYSTEM FOR DIAGNOSIS (DETEC)

**D. Alonso Abad, J.L. Fernández Paz, E. López Torres, O. M.
Lemus Cruz, E. Lizaso Menéndez, M. A. Coca, Heriberto Pérez.**

Centro de Estudios Aplicados al Desarrollo Nuclear (CEADEN)

Cuba

1997

Categoría de materia: E41.40

**Descriptores: iodine 131; iodine 125; technetium 99; iron 59; chromium 51,
gallium 57; cobalt 57; diagnostic techniques; nuclear medicine;
radiometers:M1; design:Q1**

Resumen

El Sistema Monodetector para Diagnóstico permite la realización de gran variedad de estudios clínicos: estudios de Captación de Iodo en Tiroides, estudios eritroferrocinéticos, estudios de supervivencia de hematíes, estudios de vaciamiento gástrico y estudios de flujo muscular. Esto es posible ya que permite fijar, de forma automática, los parámetros espectrométricos para los radioisótopos que más se utilizan en Medicina Nuclear: ^{131}I , ^{125}I , $^{99\text{m}}\text{Tc}$, ^{66}Fe , ^{51}Cr , ^{67}Ga y ^{57}Co . El sistema está formado por un soporte mecánico para el detector con varios grados de libertad y un gabinete electrónico, el cual fue diseñado en base al microprocesador Z80. Realiza un procesamiento de la información resultado de la medición y además es factible la impresión de dichos resultados y su salida a través de una interfase RS-232.

Abstract

Several clinical searches can be done using The Single Probe Diagnosis System: Thyroid uptake, Eritroferrocinetic studies, Studies of survival of hematies, Studies of peripheral vascular diseases, Studies of gastric emptying time. The system can set spectrometric parameters for several radionuclides (^{131}I , ^{125}I , $^{99\text{m}}\text{Tc}$, ^{66}Fe , ^{51}Cr , ^{67}Ga and ^{57}Co) used in Nuclear Medicine by itself. It is a unit made of a mechanical structure and a detection-measurement system based in a Z80 microprocessor. Data obtained are processed and can be printed or sent to a PC by RS-232 protocol.

Introducción

El presente trabajo surgió de la necesidad de contar en el país con un equipo para la captación de Iodo en tiroides debido a la gran incidencia de las enfermedades producidas por trastornos en esta glándula. Cualquier hospital general atiende decenas de casos semanales y hay lugares en los que este padecimiento es endémico. Además que con la creación de este equipo podemos estar en condiciones de sustituir, cuando técnicamente sea necesario, el poco equipamiento de este tipo con que cuenta el país. Debido a la gran cantidad de estudios clínicos que son posibles realizar mediante el empleo de un sólo detector^[1], acometimos el desarrollo de un sistema que permitiera medir los radioisótopos que más se utilizan en Medicina Nuclear y de esta forma se amplió grandemente el campo de aplicaciones del equipo, el que es factible utilizar en numerosos estudios clínicos imprescindibles para el diagnóstico o la investigación de la causa de múltiples enfermedades, tales como:

- Estudio de captación de Iodo en Tiroides.
- Estudios eritroferrocinéticos.
- Estudio de supervivencia de hematíes.
- Estudio de vaciamiento gástrico.
- Estudio de flujo linfático.
- Estudio de flujo muscular.

Desarrollo

El Sistema Monodetector para Diagnóstico (DETEC) es un conjunto formado por una estructura mecánica y el sistema de detección - medición.

La estructura mecánica permite llevar el detector a la posición requerida, mantener fija la posición alcanzada, repetir las mediciones bajo las mismas condiciones y realizar las mediciones con las condiciones de seguridad y confiabilidad necesarias.

El Sistema de detección - medición consta de dos elementos: el detector con su colimador y el gabinete electrónico. El detector está formado por un cristal centelleante de NaI(Tl) de 40 x 40 mm y un fotomultiplicador RS980 (Hamamatsu). El gabinete electrónico: es un sistema radiométrico modular diseñado en base a un Z80 formado por seis módulos: unidad central de procesamiento (CPU), bloque espectrométrico, bloque de atención a puertos y periféricos, bloque RS-232, fuente de alto voltaje (FAV) y fuente de bajo voltaje (FBV).

El bloque CPU como unidad de procesamiento y control está conformado por el microprocesador Z80^[2, 3], un bloque de memoria RAM de 16K y uno de EPROM de 16 ó 32K (seleccionable). En este bloque se encuentra además un circuito de reloj (2 MHz) para el microprocesador, los decodificadores para las memorias y puertos y se bufean el bus de datos y de control.

El software fue desarrollado en lenguaje ensamblador para Z80 y comprende la inicialización y las rutinas de atención a puertos y periféricos (Z80PIO, 8253, 8251, display, teclado y printer); las rutinas de control de los modos de trabajo y las de procesamiento y cálculo.

En el bloque espectrométrico, que recibe las señales provenientes de un detector de NaI(Tl) de 40x40 mm, se ubica un amplificador espectrométrico^[4] formado por un amplificador de entrada en base al CI 2515. La etapa de control de ganancia se realiza con el amplificador de transconductancia CA3080 en el cual la ganancia es directamente proporcional a la corriente de polarización del amplificador (I_{ABC}), la variación de 0 a 10 V en el circuito de control de la I_{ABC} varía la ganancia de 10 a 100 unidades. La restauración de la línea de base se logra con un restaurador de Robinson. En este bloque se encuentra también el discriminador diferencial con control de los valores de umbral (de 0 a 5 V) y ventana (0 a 5 V) desde el CPU.

El bloque de alto voltaje proporciona valores negativos de voltaje entre 50 y 1200 V para la polarización del detector. Este bloque es esencialmente un convertidor de bajo voltaje de corriente continua en alto voltaje negativo también de CD. Está constituido por los siguientes circuitos fundamentales: un oscilador, un excitador, transistores en Push-Pull y transformadores, un circuito multiplicador y filtros, lazo de regulación y protección. El alto voltaje se varía a través del teclado, y es controlado por el CPU.

La unidad central del bloque de atención a puertos y periféricos es el puerto de entrada/salida Z80PIO^[5], a través del cual el microprocesador realiza las siguientes funciones: control del timer contador (8253), atención al teclado de 5x3 teclas de funciones o números, atención a una impresora EPSON de 24 caracteres, activación de la alarma sonora y activación del led como indicación visual en el panel frontal del equipo que se está midiendo. Este bloque garantiza la atención de un display alfanumérico de 64 caracteres y además en él se obtienen las señales de control del umbral inferior,

ventana, ganancia y alto voltaje, para ello se utiliza un conversor digital análogo (AD7226).

El bloque de la RS-232 permite el envío, por el puerto serie RS-232, de los resultados tanto de las mediciones como del procesamiento de estas, hacia una computadora.

El diseño del CPU del gabinete electrónico sobre la base de un microprocesador Z80 permitió no sólo la programación de los diferentes circuitos integrados y periféricos, sino también la automatización de todas las funciones y opciones que ofrece el sistema, sobre esta base fueron diseñados siete modos de trabajo:

- **Parada por tiempo:** Se colecta una cantidad de conteos igual a la integral del fotopico, y se calcula el % de captación del isótopo por el paciente a partir de la base de conteos fijada por el modo 2.
- **Parada por conteo:** Se obtiene el tiempo para la base de conteos fijada por el usuario.
- **Selección de isótopo:** En este modo se fijan los parámetros espectrométricos: ventana, umbral, ganancia y alto voltaje para los diferentes radioisótopos que puede medir el sistema. Con este objetivo se creó una tabla con estos valores. Los radioisótopos son: ^{131}I , ^{125}I , $^{99\text{m}}\text{Tc}$, ^{59}Fe , ^{51}Cr , ^{57}Ga y ^{57}Co .
- **Calibración:** Este modo permite al usuario fijar y/o obtener los parámetros espectrométricos deseados para la medición, esto permite, variando el umbral inferior, barrer todo el espectro energético desde 30 Kev hasta 3 Mev.
- **Análisis estadístico:** Mediante este modo se mide un lote de hasta 100 muestras y se procesa estadísticamente, determinándose la media aritmética de los conteos, así como la desviación standard y el coeficiente de variación. Si el coeficiente es menor que 5% entonces se determina la muestra patrón y el intervalo de confianza, de éste se sacan las muestras desechadas. Si el coeficiente es mayor o igual al 5% se imprime el mensaje de lote mal preparado y no continúa el análisis estadístico del lote. En este modo el usuario entra la cantidad de muestras a examinar y el tiempo de medición.
- **Vida media efectiva:** A partir de los pares % de captación y tiempo en horas de transcurrido el análisis se calcula la vida media efectiva del isótopo en el paciente. El número mínimo de pares que deben ser tecleados es 3, y pueden llegar hasta 10. La vida media efectiva (VME) se calcula por la siguiente fórmula:
$$\text{VME} = 0.693 / (-\text{pend})$$
donde: *pend* es la pendiente de la recta ajustada por mínimos cuadrados al gráfico de
$$\ln (\% \text{capt} / 100) \text{ vs. tiempo.}$$
- **Medición automática:** Permite realizar la cantidad de mediciones especificadas por el usuario de forma consecutiva con un tiempo de espera entre cada una.

Resultados

El Sistema Monodetector para Diagnóstico (DETEC) puede ser usado en los módulos de Medicina Nuclear para la realización de los siguientes estudios clínicos:

- **Estudios de captación de yodo:** Se orientan en todos los casos que se desee evaluar el estado funcional de la glándula Tiroides, como son: Hipertiroidismo, Bocio Tóxico Difuso, Bocio Nodular, y otros; permitiendo la evaluación de resultados terapéuticos y la planificación del tratamiento con ^{131}I . Conviene señalar que esta prueba complementaria centra sus valores tanto en resultados diagnósticos como terapéuticos que a veces puede sustituir procedimientos invasivos, como la cirugía.
- **Estudios eritroferrocinéticos:** La medición de la radioactividad de los órganos (sacro, hígado, bazo y corazón) proporciona una información que complementa la obtenida de las variables ferrocinéticas en la investigación de la eritropoyesis en el paciente. Estas mediciones son útiles para determinar la incorporación de hierro radioactivo en la Médula Osea y la subsecuente disminución de las cuentas, lo que refleja la incorporación del hierro a los glóbulos rojos circulantes.
- **Estudio de supervivencia de hematies:** En este estudio el recuento de superficie sobre órganos (corazón, hígado y bazo) tiene un gran valor clínico, ya que permite identificar los principales sitios de destrucción de hematies en los estudios hemolíticos, y brinda información sobre la actividad relativa de cada órgano, especialmente el bazo.
- **Estudio de vaciamiento gástrico:** Se emplea en el seguimiento de pacientes con afecciones del sistema digestivo, como úlceras estomacales o duodenales, en el seguimiento de pacientes post-vagatomía.
- **Estudio de flujo linfático:** Se emplea en el estudio de los linfodemas tanto en miembros inferiores como superiores. Este método es de fácil realización permitiendo obtener información sobre el estado de la circulación linfática y colateral de ambos miembros.
- **Estudio de flujo muscular:** Se utiliza en Angiología para detectar deficiencias circulatorias, localización de las zonas de arteriosclerosis obliterante, en la disfunción sexual, en el estudio de pacientes con afecciones del sistema nervioso central para su seguimiento con tratamiento y comprobar la realización correcta de la simpatectomía.

El sistema que obtuvimos presenta las siguientes características técnicas:

Voltaje de la red: 110V/220V \pm 10% (conmutador interno), frecuencia 60 Hz.

Bloque Espectrométrico:

- Tipo: sensible a carga.
- Formación: diferenciación RC pasiva con cancelación de polos y ceros, integrador activo de un polo con constante de tiempo 1 μseg y restauración de la línea de base
- Ganancia: de 10 a 100 unidades (variable por teclado).
- Estabilidad de la ganancia: 300 ppm.
- Umbral: de 20 a 5 000 mV (variable por teclado).
- Ventana: de 20 a 5 000 mV (variable por teclado).
- Resolución energética del detector para el ^{137}Cs : menor que 10%.

Señal de entrada:

- Polaridad: positiva.

- Rango dinámico: 0,02 V a 10 V
- Tiempo mínimo de crecimiento: 400 nseg
- Tiempo máximo de caída: 30 μ seg
- Impedancia de entrada: 1 k Ω .

Bloque CPU y de atención a puertos y periféricos:

- Frecuencia de trabajo: 2 MHz.
- Microprocesador: Z80 (8 bits de longitud del bus de datos).
- Capacidad de memoria EPROM: 16 ó 32 Kbytes (seleccionable).
- Capacidad de memoria RAM: 16 Kbytes.
- Programación de 7 modos de trabajo.
- Capacidad de conteos:
 - Mínimo: 2
 - Máximo: $10^6 - 1$.
- Tiempo de medición:
 - Mínimo: 1 seg.
 - Máximo: 10 000 seg.

Bloque RS 232:

- Velocidad de transmisión: 9600 b/s.
- Longitud de los datos: 8 bits.
- No paridad.
- 1 bit de parada.
- 1 bit de comienzo.

Bloque de la fuente de alto voltaje:

- Salida de AV: 0 hasta -1200 V
- $I_{\text{máx}}$ de salida: 2 mA
- Regulación con carga: 0,05%
- Ondulación con carga: < 30 mVpp.
- Conector de salida: BNC.
- Voltaje de muestra al indicador: 0 a 1,2 V corresponde a 0 hasta -1200 V del voltaje de salida.
- Voltaje de alimentación: ± 15 V, +24 V.

Fuente de bajo voltaje:

- Voltajes de salida de CD: +5V, ± 15 V, +24V
- Corriente máxima: +5V - 3A
- ± 15 V - 1A
- +24V - 800mA
- Ondulación: <5mV

Conclusiones

Se logró un sistema radiométrico modular y automatizado, donde los parámetros espectrométricos se pueden variar desde el teclado lo cual le proporciona gran versatilidad.

El sistema puede ser ampliamente utilizado en los laboratorios de Medicina Nuclear de los hospitales generales del país.

Los estudios clínicos por métodos radioisotópicos son mucho más económicos que los tradicionales, a lo que se le añade que no son métodos invasivos y la única contraindicación que presentan es el embarazo.

El sistema obtuvo la Certificación Metrológica Estatal al resultar satisfactorias todas las pruebas técnicas realizadas y las pruebas de calidad que establece la Organización Internacional de Energía Atómica (OIEA) para los equipos médicos nucleares^[6].

Bibliografía

- ¹ Harbert, J.; Antonio F. Goncalves da Rocha. Textbook of Nuclear Medicine. Vol II. Lea & Febiger. Philadelphia, 1984.
- ² Greenfield, Joseph D. Microprocessor Handbook. Vol 1 and 2. Edición Revolucionaria. La Habana, 1986.
- ³ Coffron, James W. Practical Hardware details for 8080, 8085, Z80 and 6800 Microprocessor Systems. Edición Revolucionaria. La Habana, 1981.
- ⁴ IAEA. Tópicos Selectos de Electrónica Nuclear. IAEA-TECDOC-363/S. IAEA. Viena, 1988.
- ⁵ V. Fritch. Aplicación de los microprocesadores en sistemas de control. MIR. Moscú, 1984.
- ⁶ IAEA. Quality Control of Nuclear Medicine Instruments. IAEA-TECDOC-602. IAEA. Viena, 1988.



CIE

**CENTRO DE INFORMACION
DE LA ENERGIA NUCLEAR**

Calle 20 No. 4113 e/ 18A y 47, Playa

Tel.: 22-7527. Fax: 331188.

E mail: cien@ceniai.cu