

Sistema de adquisición de datos para aplicaciones donde sea necesario el multiconteo de eventos

Doris del Carmen Rivero Ramírez, Cesar García Trápaga (1); Francisco Javier Quiles Latorre, José Ignacio Benavides Benítez, y Roberto E. Vargas Cabal (2); Efrén Díaz Bernal, Daniel Molina (3)

(1) Instituto Superior de Ciencias y Tecnologías Nucleares ISCTN, La Habana, Cuba

(2) Universidad de Córdoba UCO. Córdoba, España.

(3) Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones (CPHR), La Habana, Cuba.

El siguiente trabajo describe el diseño e implementación de una tarjeta de adquisición de datos de bajo costo para el bus ISA de una computadora personal IBM compatible. Esta ha sido desarrollada con el objetivo de realizar aplicaciones donde sea necesario el multiconteo de eventos relacionados con magnitudes físicas, como en el caso de la lectura de dosímetros termoluminiscentes. Esta tarjeta tiene un módulo de conversión analógico digital de 12 bits y 8 entradas analógicas, un conversor digital analógico de 12 bits y 2 salidas analógicas, 2 puertos de entrada/salida digital de 8 bits cada uno y 4 timers de 16 bits programables, disponibles para su uso simultáneo. Todo esto permite su uso en múltiples aplicaciones, alguna de las cuales se describen brevemente.

El gran desarrollo de la informática ha traído consigo que en la actualidad se disponga de múltiples herramientas software para el análisis y procesamiento de los datos obtenidos como resultado de experimentos y mediciones, como por ejemplo LabVIEW. Esto garantiza al experimen-

tador y a otros usuarios de mediciones físicas obtener los resultados de una manera más rápida, eficiente y fiable.

No obstante, para los que no disponen de un equipo de medida automático, surge el problema de cómo disponer de los datos en la computadora. Una de las soluciones, sobre todo para los usuarios de Computadoras Personales (PC), consiste en utilizar un sistema de adquisición de datos que pueda conectarse a uno de los buses internos de dicha PC, como ISA o PCI, o a través de un interfaz estándar, RS 232 u otro [1].

Este trabajo describe el diseño e implementación de un sistema de adquisición de datos de bajo costo formado por una tarjeta que puede conectarse a una PC a través de uno de sus slot ISA, y a los equipos o circuitos de medición, a través de un conector DIN de 50 líneas. La tarjeta se ha desarrollado para cubrir las necesidades de experimentos y mediciones donde sea necesario almacenar el resultado de los conteos de eventos, correlacionados con el valor de alguna magnitud física, en intervalos de tiempo definidos o en

multiconteo. Este tipo de mediciones es común en las aplicaciones nucleares, tales como la lectura de dosímetros termoluminiscentes (TLD). No obstante este sistema puede ser utilizado en cualquier otra aplicación donde sea necesario adquirir hasta 8 magnitudes físicas, contar hasta 4 eventos diferentes y generar hasta 2 señales analógicas. Además permite la supervisión de hasta 16 eventos de forma digital.

Comenzaremos describiendo las magnitudes que se deben medir, así como la manera en que se efectúa sus mediciones, para determinar las especificaciones del sistema de adquisición de datos. Posteriormente se describirá brevemente el sistema desarrollado y los resultados obtenidos.

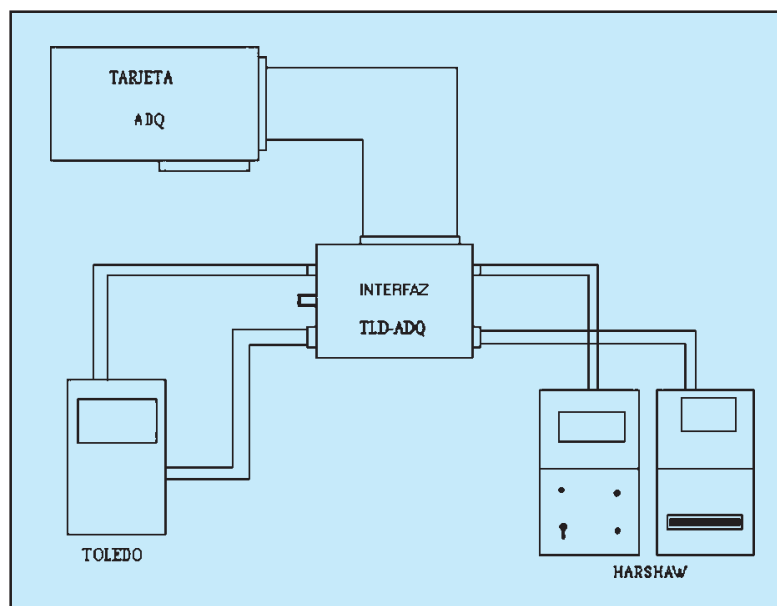
Necesidades del diseño

El objetivo de este trabajo es el diseño y desarrollo de un sistema que permita la adquisición, análisis y procesamiento de una manera automática de los datos provenientes de hasta 4 lectores de dosímetros termoluminiscentes de los empleados en la dosimetría personal.

La termoluminiscencia se basa en la propiedad que tienen algunos materiales sólidos (fósforos) de almacenar la energía absorbida producto de la interacción con la radiación ionizante y posteriormente, emitir parte de esa energía en forma de luz, al ser calentados a determinadas temperaturas. Basados en este principio físico se construyen los dosímetros termoluminiscentes, cuyo elemento detector es una pequeña pastilla cerámica.

De forma general, los equipos lectores de dosímetros termoluminiscentes constan de varios módulos: calentamiento de las pastillas TLD, detección de luz y registro de las señales. El primero tiene la función de calentar las pastillas garantizando una adecuada reproducibilidad del proceso, es decir que este se realice

Figura 1. Diagrama de bloques del sistema



de la misma manera para todas las pastillas. El segundo se encarga de detectar los pulsos de luz provenientes de las pastillas por medio de un fotomultiplicador y generar pulsos digitales por cada uno de los pulsos luminosos, para luego poderlos contar y registrar con el tercero de los bloques.

El proceso de lectura consiste en contar la cantidad de impulsos de luz que se han producido en intervalos de tiempo predefinido (régimen de multiconteo), todo ello durante el tiempo que dure el calentamiento de las pastillas. A la misma vez se tiene que estar midiendo la temperatura a la que se está calentando la pastilla. Como resultado de estas mediciones se puede obtener un gráfico (Curva Glow), donde aparecen la temperatura al final de cada intervalo y la cantidad de conteos (número de impulsos de luz) ocurridos en dicho intervalo, como se muestra en la Figura 2. Por tanto se puede usar un contador, un temporizador y una entrada de conversión analógico digital para cada lector.

Para los cálculos de la dosis de radiación ionizante acumulada por el usuario del dosímetro, se correlacionarán la temperatura de calentamiento de la pastilla y la integral bajo la curva en la zona de máxima intensidad (sombreada en la Figura 2).

La dosimetría termoluminiscente brinda la posibilidad de automatizar todo el proceso de lectura y procesamiento de la información, ya que al contar con los lectores de pastillas, el proceso se reduce a registrar dos magnitudes (temperatura de calentamiento y conteos por intervalos), almacenarlas, para luego efectuar la visualización de las Curvas Glow y hacer el cálculo de dosis. Después de ello solo resta almacenar toda la información en una base de datos para futuros análisis y controles. Esto es especialmente importante cuando se prestan servicios de dosimetría personal con gran número de usuarios.

Actualmente en el mundo se co-

mercializan lectores totalmente automatizados que incluyen el programa de adquisición, análisis y procesamiento de la información. Se comercializan además equipos manuales, que incluyen el mencionado programa. Sin embargo, el empleo de estos programas está limitado a los equipos para los cuales están diseñados y las opciones de estos programas podrían no cubrir todas las necesidades del usuario. Esta situación se hace más compleja si se usan equipos manuales de diferentes firmas, como en el caso del CPHR.

Por otra parte, uno de los aspectos importantes a tener en cuenta en la dosimetría personal lo constituye la obtención rápida de los resultados del servicio. Por ello, la rapidez de procesamiento de la información se convierte en un paso importante. Todo esto se consigue comunicando el equipo lector con una computadora y elaborando un programa para la adquisición y procesamiento de los datos.

Una de las desventajas del método de dosimetría termoluminiscente con respecto a otros métodos es que la información del dosímetro se pierde una vez realizada su lectura.

Esto se soluciona utilizando programas que permitan el almacenamiento de toda la información indefinidamente de forma que posteriormente se pueda recuperar su análisis o procesamiento.

Para comunicar los lectores de dosímetros termoluminiscentes modelos VINTEN 654 y HARSHAW 2000 B/C disponibles en el CPHR, con una computadora IBM compatible se utilizó una versión reducida de la tarjeta ADQ desarrollada en la Universidad de Córdoba [2, 3, 4 y 5]. Del conector de salida de esta tarjeta se conectó un módulo adaptador que conecta los lectores y la ADQ, denominada interfaz TLD-ADQ, según se observa en la Figura 1. Esta segunda tarjeta tiene la función de adaptar los niveles de los pulsos al rango TTL que tienen las entradas de eventos de la placa ADQ y amplificar las señales analógicas que determinan las temperaturas de calentamiento.

El sistema creado incluye además, un programa que se encarga de controlar la tarjeta ADQ, realizar la adquisición, análisis, procesamiento, visualización y almacenamiento de los datos generados por los lectores de TLD, así como todo el sistema.

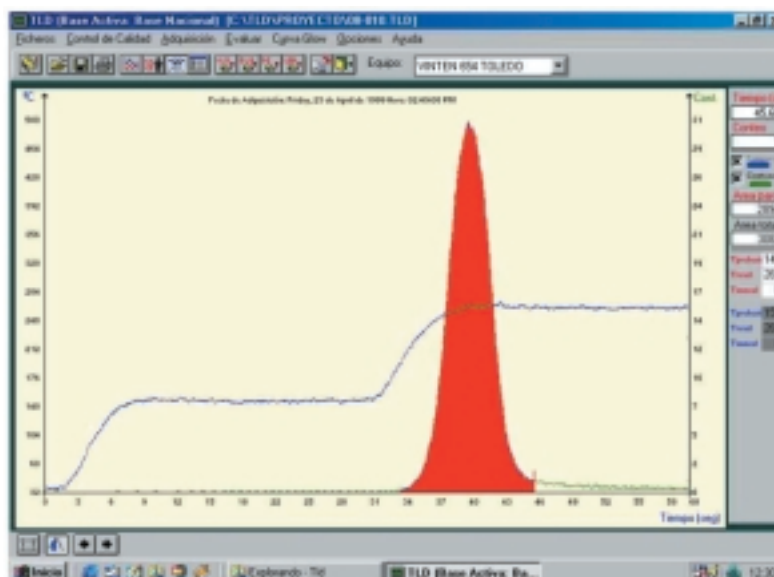


Figura 2. Curva de termoluminiscencia

Figura 3. Datos solicitados para la adquisición de datos de los dosímetros de calibración



Este programa fue escrito en el lenguaje de programación Visual Basic. El menú del programa tiene siete opciones, entre las que cabe destacar la de adquisición y cálculo de dosis. En esta opción el usuario podrá obtener y visualizar las curvas de termoluminiscencia y temperatura asociadas a un detector termoluminiscente determinado (Figura 2). Permite determinar el valor máximo de la temperatura en cada etapa del ciclo de calentamiento prefijado en el equipo, así como la integral de una zona concreta de la curva correspondiente. Ambas curvas y los parámetros asociados pueden almacenarse para su posterior análisis.

Previo a la adquisición, los datos de los dosímetros se pueden clasificar por separado según su aplicación como: dosímetros de fondo, calibración o de cálculo. Dependiendo de la clasificación dada, se solicitarán datos específicos, según se muestra en la ventana de la Figura 3. Los valores de la integral de cuentas de termoluminiscencia, la fecha y el código del dosímetro se almacenan en una base de datos para su posterior procesamiento. El programa permite también la identificación de los dosímetros mediante un código de barras.

Los resultados de la evaluación de dosis con el programa se almacenan en una base de datos creada para el almacenamiento de las dosis recibidas por los trabajadores que son clientes del servicio [7].

Como resultado de este trabajo se dispone de un sistema que garantiza la adquisición de los datos generados desde un equipo lector TLD manual y el procesamiento de los mismos. El empleo de este sistema

ha posibilitado el uso de un equipo lector TLD manual en labores rutinarias con un volumen de trabajo considerable, y una mayor rapidez en el procesamiento de la información, al mismo tiempo que disminuye la influencia del factor humano en el resultado final. [6]

Sin embargo el sistema tiene el inconveniente de que la tarjeta ADQ no funciona con más de un equipo lector termoluminiscente a la vez. Ello se debe a que aunque dispone de 8 entradas analógicas y dos timers de 16 bits, no es posible realizar el multiconteo, ya que para ello, se necesita al menos otro contador para controlar los intervalos de tiempo en cada caso.

En nuestra aplicación utilizamos el contador 1, 4 y 5 de la ADQ, para el control de la conversión análogo digital, y esta misma base de tiempo se usa para generar los intervalos de conteo para el timer 6, que a su vez se utiliza para contar los impulsos de luz del lector en régimen de multiconteo. Por tal razón faltan varios contadores para el control de los intervalos de tiempo de conversión y

multiconteo para otros equipos.

Para solucionarlo se ha realizado el diseño e implementación de una tarjeta de adquisición de datos con cuatro contadores que trabajan en régimen de multiconteo, de forma que se pueden leer hasta cuatro lectores de dosímetro TLD o cualquier otro equipo con necesidad de multiconteo.

Descripción del sistema diseñado

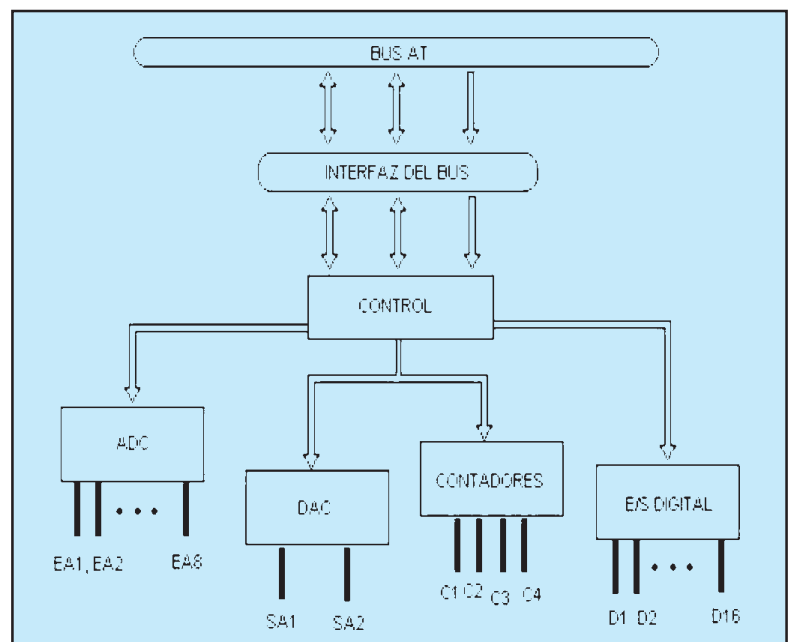
En la Figura 4 se muestra el diagrama de bloques de la tarjeta que se ha diseñado.

Como se observa, está formada por los siguientes bloques:

- Bloque de interfaz con el bus ISA.
- Bloque de Control
- Bloque de Contadores.
- Bloque de entradas analógicas, ADC.
- Bloque de salidas analógicas, DAC.
- Bloque de Entradas y Salidas Digitales.

El bloque de interfaz con el bus ISA lo componen drivers del tipo 74HC245 y 74HC244 [8] encargados de garantizar los niveles necesarios

Figura 4. Diagrama de bloques de la tarjeta



de las señales del bus ISA: direcciones, datos y líneas de control.

El bloque de control está compuesto a su vez por:

- Un módulo de decodificación de direcciones, formado por el comparador de magnitud de 8 bits, 74LS688, una PALCE22V10 [9], un micro interruptor y un decodificador de 3 a 8, 74LS138. Ver Figura 5. Este bloque genera las señales de selección de los diferentes periféricos de la placa, tales como, el PPI 82c55, los timers 82c54, los registros de configuración, los conversores A/D y D/A, el inicio de conversión AD y la carga del convertor D/A. El micro interruptor selecciona la dirección base de E/S del bus ISA en la que se ubica la placa. El circuito 74LS688 compara la dirección seleccionada con la del bus ISA para determinar si el microprocesador accede a la placa. Si ambas coinciden se activa SELIO-, y el resto

de componentes genera la señal de selección correspondiente. La PALCE22V10 activa la señal IO16- si el acceso es de 16 bits o WST0- si es de 8 bits para realizar el acceso con cero estados de espera.

- Un módulo de temporización (Figura 6), que consta de un oscilador de cuarzo de 6MHz, y un generador de frecuencia programable. Este último genera la frecuencia de conversión para el ADC, (1.5MHz) y una de cuatro posibles frecuencias base para el multiconteo, obtenidas a partir de la señal del oscilador. Este generador está formado por un contador binario de tres bits, un multiplexor de 4 a 1 y un registro de configuración de 2 bits. Los dos primeros se implementan en una PALCE16V8 [9] y el registro mediante dos bits (DF1 y DF0) del puerto C del PPI 82C55 [10]. El multiplexor, según el valor configurado en el registro, selecciona la se-

ñal de reloj para el timer del multiconteo (OSC), cuya frecuencia puede ser la del oscilador o su división por 2, 4 u 8, obtenidas mediante las correspondientes salidas del contador (Q0, Q1 y Q2).

- El módulo controlador de interrupciones (Figura 6) implementado en las dos PALCE, 16V8 y 22V10. Este activa la petición de interrupción (INT) si se ha producido un final de cuenta en alguno de los 4 temporizadores del multiconteo (FINT0.. FINT3). Mediante dos bits de configuración (DI1 y DI0), implementados en el puerto C del PPI, se puede seleccionar por software una de las cuatro peticiones de interrupción del bus ISA, que se indican en la figura (IRQ10, IRQ11, IRQ12 o IRQ15). El controlador incluye un registro de lectura y un generador de final de interrupción (EOI). Ambos se implementan en la PALCE22V10. El prime-

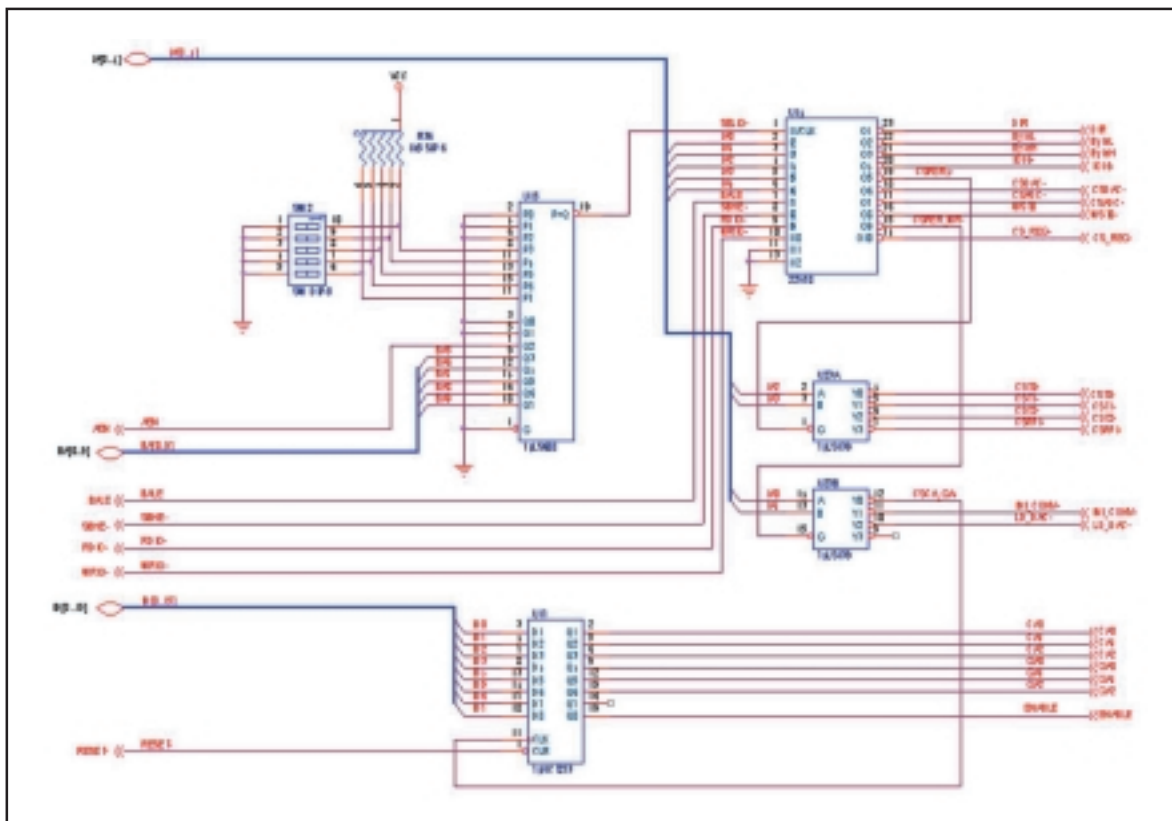


Figura 5. Esquema eléctrico del módulo de decodificación de direcciones y registro de escritura

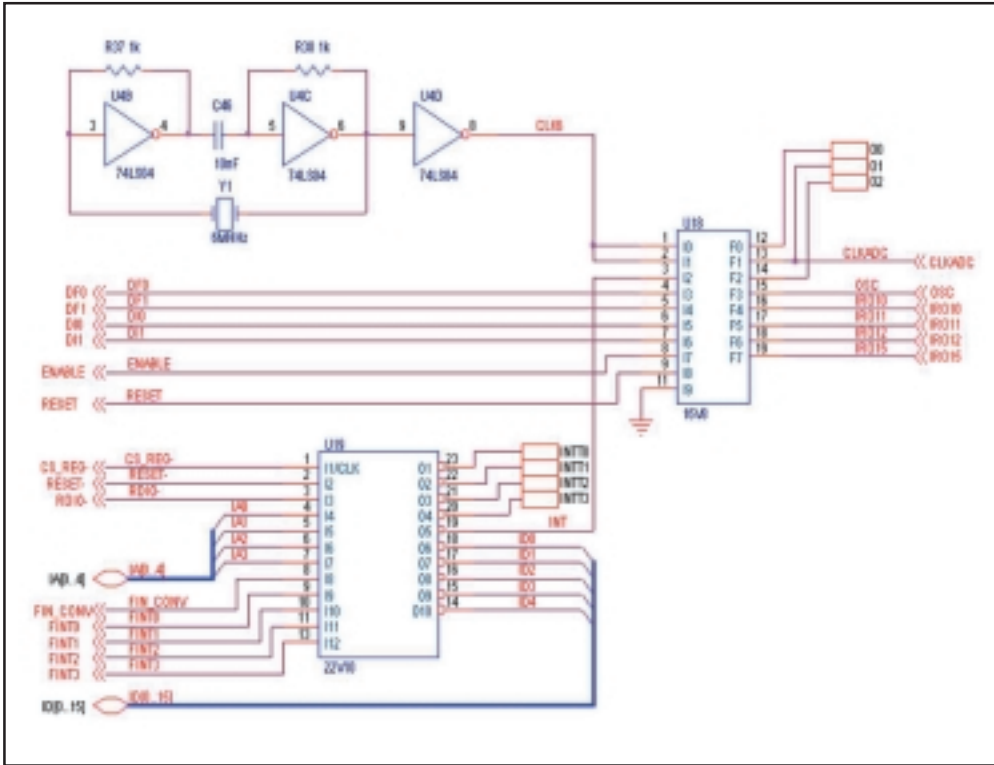


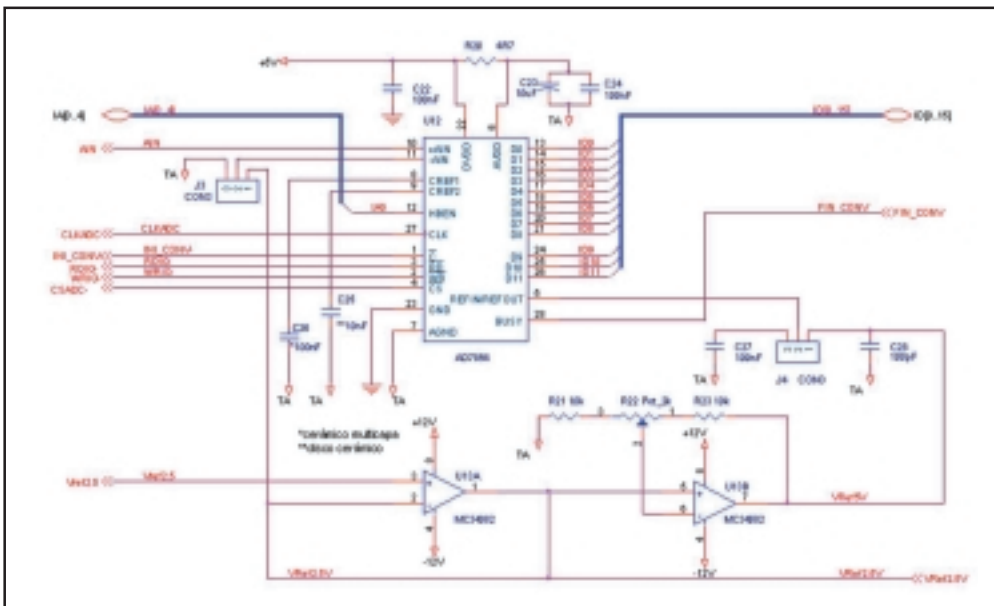
Figura 6. Esquema eléctrico del módulo de temporización y del módulo controlador de interrupciones

ro permite determinar por programa el o los temporizadores en los que se ha producido el final de cuenta. El generador de EOI consiste en un decodificador de direcciones que permite borrar por software la causa de la interrupción, de forma que ésta quede habilitada para una posterior petición. La petición de interrupción de puede habilitar por software mediante la señal ENABLE implementada en el registro de escritura U17 (figura 5), que se describirá a continuación.

- Un registro de escritura U17 (Figura 5), que selecciona el canal de entrada analógico a convertir (CA0..CA2) y su ganancia (GA0..GA2).

El bloque de entradas analógicas está formado por el Conversor Analógico Digital (ADC) de 12 bits, AD7854, y un amplificador de ganancia programable de 8 canales de entrada. En la figura 7 se muestra la conexión del conversor A/D. El proceso de conversión está controlado completamente por programa. Para iniciar una conversión A/D se realiza un acceso de escritura a una dirección concreta del espacio de E/S, con lo que se activa INI_CONV-. Para leer el resultado se realiza un acceso de lectura de 16 bits a la dirección correspondiente.

Figura 7. Esquema eléctrico de las conexiones del conversor analógico digital



Previamente a la lectura el microprocesador debe comprobar el valor de la señal de estado del final de conversión, FIN_CONV, mediante el registro de estado de la conversión, implementado en la PALCE-22V10 de la figura 6. El conversor se puede configurar en modo unipolar o bipolar mediante el puente J3. Los operacionales MC34082 permiten configurar el rango de entrada mediante el puente J4, seleccionando la tensión de referencia correspondiente (2.5V o 5V).

El amplificador de ganancia programable se muestra en la figura 8. El componente principal es el operacional AD817 de Analog Devices [11], configurado como amplificador no inversor. Los 8 canales de entrada

da se pasan a través de un multiplexor analógico 74HC4051 (U9), cuyas entradas de selección se controlan mediante el registro de configuración U17. Las señales CA2..CA0 seleccionan el canal analógico de entrada. La ganancia se controla mediante otro multiplexor de 8 a 1 (U11), por lo que se puede configurar hasta 8 ganancias distintas. La selección se realiza mediante los bits GA2..GA0 del registro de configuración U17.

El bloque de salidas analógicas lo componen el Conversor Digital Analógico de 12 bits, AD 6562, de Analog Devices (figura 9) y dos amplificadores MC34082 de Motorola [12] (figura 10). Este conversor tiene dos salidas analógicas, DAC1 y DAC2. Para convertir un dato digital a analógico el microprocesador debe escribir el valor en el registro de entrada del canal, activando la señal CSDAC-. Para ello, debe realizar un acceso de escritura en la dirección correspondiente a ese canal. Éste se selecciona mediante el bit de dirección IA1. Posteriormente, se debe cargar el dato en el registro del conversor. Esto se consigue activando la señal LD_DAC-, realizando un acceso de escritura de 8 bits a la dirección correspondiente.

Cada salida analógica del conversor se pasa a través de un amplificador diferencial (Figura10), que permite configurar el modo (unipolar o bipolar) y el rango de salida (4'095V o 5V) mediante puentes.

El bloque de Entradas Salidas Digitales está formado por los puertos A y B del 82c55, ya que en el puerto C se ha implementado el registro de escritura que selecciona la frecuencia base de los timers y la petición de interrupción del bus ISA, y que controla las puertas (GATE) de los contadores (82c54).

El bloque de contadores está formado por tres 82c54 [9], cada uno de los cuales cuenta con tres timers programables de 16 bits. (Figura 11) Por tanto, la placa dispone de 9 ti-

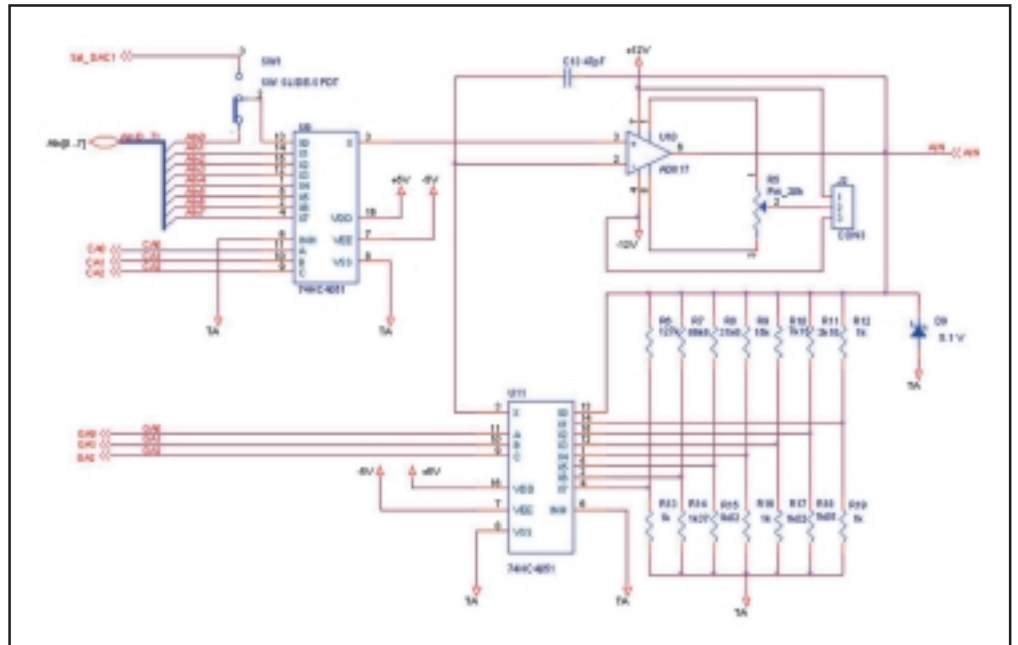
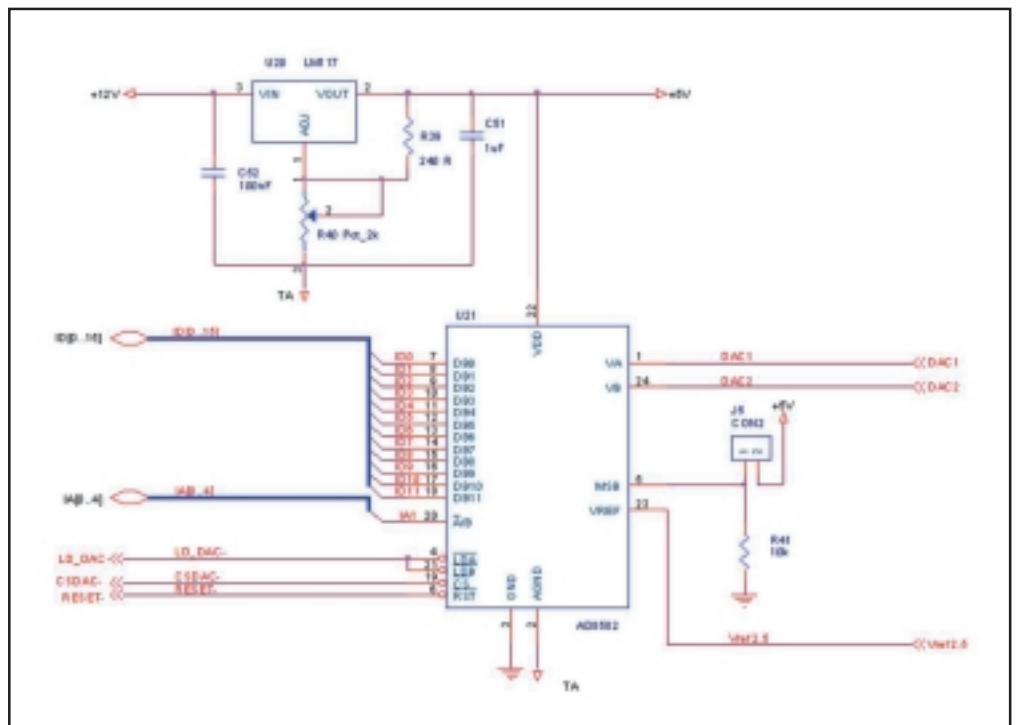


Figura 8. Esquema eléctrico del multiplexor y el amplificador de ganancia programable

Figura 9. Esquema eléctrico de las conexiones del conversor digital analógico



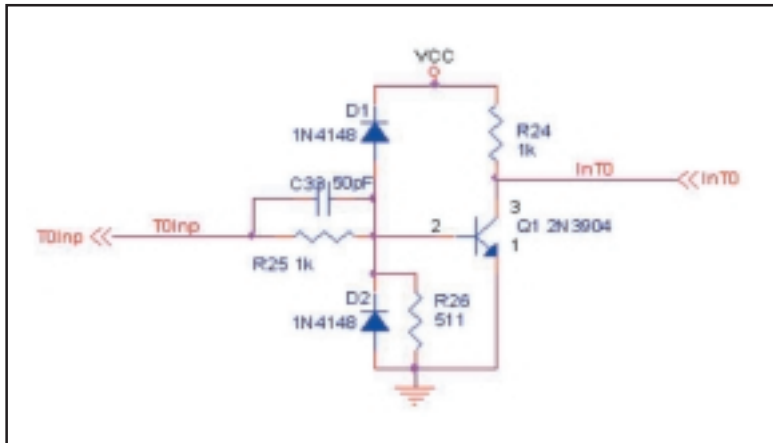


Figura 12. Esquema eléctrico del adaptador de las señales a contar

Se ha realizado una serie de programas para la comprobación del funcionamiento de todo el sistema. entre ellos Uno de estos comprueba la adquisición simultanea de varios canales . En la figura 14 se muestra la pantalla resultante de una de las pruebas, donde se ha implementado un graficador básico, en el que se han adquirido y visualizado cuatro señales, dos de ellas de corriente continua, una sinusoidal y la otra triangular.

Conclusiones

4. Habilitar la interrupción (INT) poniendo a 1 lógico el bit ENABLE del registro de configuración U17. Lógicamente, el programa de control debe habilitar la interrupción y programar adecuadamente los controladores de interrupciones de la placa base del PC, e implementar la subrutina de servicio de interrupción.

ceso de contabilización de pulsos. Para ello, se tiene que leer periódicamente el registro de estado del controlador de interrupciones para determinar si se ha producido algún fin de cuenta. Si es así, se lee el contador de eventos correspondiente y se genera su EOI para borrarlo y habilitarlo.

Se ha diseñado una tarjeta de adquisición de datos para el bus ISA de una PC, con las siguientes características:

- Interfaz completa con el BUS AT.
- Selección entre varias peticiones de interrupción, por programa.
- Direccionamiento seleccionable por microswitch.
- 8 canales de entradas analógicas,

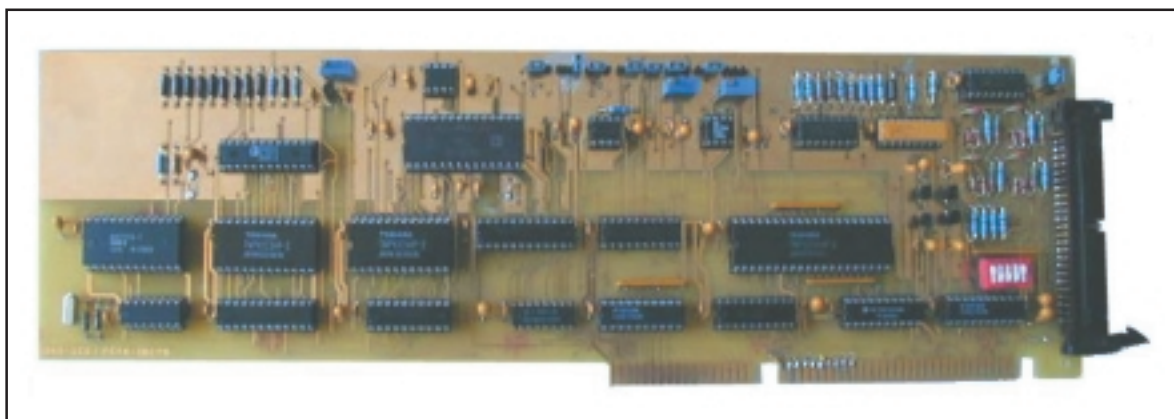


Figura 13. Fotografía de la placa construida

Ésta tiene que determinar el o los finales de cuenta activos, leer el número de pulsos recibidos para cada uno de ellos y generar los EOI correspondientes para que el controlador pueda detectar futuras peticiones. Si el procesamiento se hace por polling, solamente se debe realizar los pasos 2 y 3 anteriores, y el pro-

Montaje y comprobación

Sobre la base del diseño anteriormente comentado se ha diseñado y fabricado una placa de circuito impreso y se han montado los componentes. En la figura 13 se muestra una fotografía de la placa diseñada.

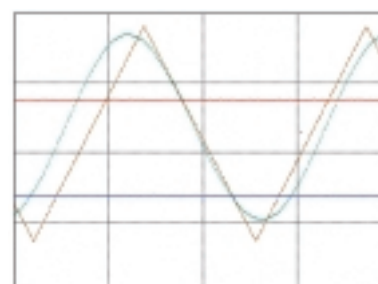


Figura 14. Graficador implementado con la tarjeta

con conversión análogo digital de 12 bits de resolución, 8 ganancias programables para cada canal. Rango de entradas unipolar 0-5V, o bipolar $\pm 2.5V$, seleccionable. Frecuencia de conversión 70 kSPS.

- 2 salidas analógicas con conversión digital analógica de 12 bits de resolución. Rango de salida seleccionable: bipolar, $\pm 2.5V$. o unipolar 0-5V.
- Disponibilidad de 4 contadores de 16 bits, programables, con posibilidad de trabajo en multiconteo, accesibles desde el conector.
- 2 puertos de entradas salidas digital de 8 bits cada uno, programables

Estas características permiten que esta tarjeta pueda ser utilizada para conectar a una PC en cualquier instalación experimental donde se necesiten monitorear señales analógicas, como las resultantes de un sensor de temperatura, presión, vacío, etc y señales digitales en forma de tren de pulsos, como las resultantes de un sistema de mediciones de radiación ionizante con ayuda de un detector Geiger Müller, o las resultantes de un sistema de detección de impulsos de luz con un fotomultiplicador.

Un ejemplo de ello son las que se realizan cuando se mide la dosis equivalente acumulada en los dosí-

metros termoluminiscentes, donde es necesario medir en cada intervalo de tiempo la temperatura a la que se encuentra la pastilla y la cantidad de pulsos equivalente a la intensidad de la luz emitida por la pastilla mientras es calentada.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo quieren agradecer al Programa Propio de Cooperación de la Universidad de Córdoba su ayuda a la financiación de este Proyecto, sin la cual no se hubiese podido llevar a cabo. □

Bibliografía

- [1] Howard Austerlitz. Data Acquisition Techniques Using Personal Computers. Academic Press, Inc. NY, USA.
- [2] Fco. J. Quiles, José I. Benavides, Manuel A. Ortiz y Edmundo Saez. Descripción de la Placa ADQ. GAAC, Universidad de Córdoba. I.S.B.N.: 84-7801-1996. España. 1996.
- [3] F.J. Quiles, J.I. Benavides. Sistema Interfaz de E/S con bus AT. Revista Española de Electrónica. Febrero de 1996. España.
- [4] Quiles F.J., Benavides J.I., Ortiz M. A., Sáez E. y Rivero D. El PC como instrumento generador de señal y

graficador de dos canales. Mundo Electrónico. No 285. Marzo 1998.

[5] D. Rivero, F. J. Quiles, J. I. Benavides. Uso de la tarjeta ADQ para automatizar experimentos. Memorias 1er NURT y WONP99 en CD. La Habana, 28 al 30 de octubre de 1999.

[6] Díaz Bernal E., Molina D., Rivero D., García C. Sistema para el Procesamiento de los datos de Lectores de Dosímetros Termoluminiscentes V Regional Congress on Radiation Protection and Safety. Proceedings in CD. Recife, Pernambuco – Brazil. April 29 - May 04, 2001

[7] Manzano de Armas y otros, Sistema de gestión de datos en dosimetría personal 'Dosis'. V Regional Congress on Radiation Protection and Safety. Proceedings in CD. Recife, Pernambuco – Brazil. April 29 - May 04, 2001

[8] The TTL Data Book. For Design Engineers. Texas Instruments. 1985.

[9] Lattice Semiconductor Corp. <http://www.latticesemi.com>

[10] Digital Product Data Book. Harris Semiconductor, Corp. 1988. USA.

[11] Analog Device, Inc. <http://www.analog.com>.

[12] Motorola Analog IC Device Data. 2000.