

# SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE SEÑALES SIEVARTWIN.

Cassani González R.<sup>1</sup> Martínez Memije R.<sup>2</sup> Infante Vázquez O.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. Unidad Culhuacan, I.P.N., México D.F., México.

<sup>2</sup>Departamento de Instrumentación Electromecánica, Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez, México D.F., México.

**Resumen**—Se presenta el diseño de un sistema de adquisición de datos (SAD), el cual está constituido por un módulo de digitalización (MD) que se conecta a una computadora personal (PC), y aplicaciones en ambiente Windows creadas en Delphi 7.0. El hardware está basado en un microcontrolador PIC18F4550 (PIC), el cual administra la adquisición de señales, el multiplexado de canales, la conversión analógico digital de las señales y la transmisión a la PC de los datos obtenidos a través del bus serie universal (USB) en su versión 2.0 con una tasa de transferencia de 2Mbps. El firmware del PIC está escrito en lenguaje C compilado con CCS. Compiler V4.32. Las aplicaciones para la PC tienen como función registrar, visualizar, almacenar y procesar los datos digitales provenientes del MD para analizarlos. Este sistema cuenta con 8 canales analógicos muestreados a 240 muestras por segundo con un rango de conversión de 0 a 5V de amplitud. El sistema toma su alimentación del mismo puerto USB (5Vcd) y demanda una corriente de 55mA. Ha sido utilizado para adquirir señales de presión, fotopulso, y electrocardiografía.

**Palabras clave**— Delphi, PIC18F4550, Polígrafo, Sistema de Adquisición de Datos, USB.

## I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día, científicos e ingenieros están usando computadoras personales (PC) como auxiliares para la adquisición de datos en diferentes áreas de investigación, en donde es necesario llevar el registro de diferentes fenómenos físicos y biológicos.

Una necesidad cotidiana para los laboratorios de electrofisiología y para el desarrollo de instrumentación biomédica que se realiza en el Departamento de Instrumentación Electromecánica del Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez (I.N.C.I.CH), es contar con un sistema capaz de adquirir señales fisiológicas, almacenarlas y procesarlas para su posterior análisis [1].

Existen en el mercado varios sistemas de adquisición de datos (SAD) comerciales basados en la PC, uno de los inconvenientes con estos sistemas es que no son portátiles ya que generalmente requieren de la instalación de tarjetas adicionales para la PC, además de tener poca flexibilidad para la programación de aplicaciones. El sistema aquí propuesto se programó en Delphi que es una plataforma de programación con la cual se genera código ejecutable, mismo que no requiere de licenciamiento a diferencia de otras plataformas como LabView de National Instruments que requiere de un licenciamiento especial para su implementación [2].

El SAD diseñado se ha interconectado con un módulo de amplificación y filtrado de señales provenientes de transductores de presión, que forma parte del Sistema de Evaluación Arterial (SIEVART) [3] diseñado y construido años atrás en nuestro departamento, y el cual requiere del sistema operativo DOS y utiliza una tarjeta ISA para su operación. Con el desarrollo de la tecnología, los fabricantes de PC han desarrollado alternativas para la interconexión, tal es el caso de tarjetas PCMCIA, IEEE1394, bus PCI, bus serie universal (USB), etc. De entre estas tecnologías, hemos escogido el puerto USB [4] debido a que no es necesario instalar alguna tarjeta extra en la PC, lo que nos facilita migrar el SAD a cualquier otra PC.

Dentro de las ventajas de este SAD se encuentran, como ya se mencionó, la utilización del puerto USB, es una solución a la medida para nuestras necesidades de adquisición y análisis de señales, además de tener un firmware modificable según las necesidades de la aplicación.

## II. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de este sistema se utilizó la técnica de procesamiento distribuido como se muestra en la Fig. 1, dejando la adquisición de los datos al módulo de digitalización (MD), mientras que el registro, visualización, almacenamiento y procesamiento se deja al microprocesador de la PC.



Fig. 1. SAD comunicado vía USB, obteniendo una señal analógica proveniente de un simulador de ECG y visualización en tiempo real en la PC tipo Laptop.

El diagrama a bloques del MD se muestra en la Fig. 2, y su funcionamiento es el siguiente: el canal 0 es seleccionado por el microcontrolador (PIC), el cual es controlado por el programa del mismo; este canal es tomado por el convertidor analógico a digital (ADC) interno del PIC, cuyas características son dadas por el fabricante [5]. Los datos obtenidos de esta conversión son almacenados en un buffer, se selecciona el siguiente canal y se repite el proceso con los 7 canales restantes hasta que se complete el buffer, que una vez completo, es enviado a la PC a través de la unidad periférica de USB propio del PIC. La programación del MD fue realizada con el compilador de lenguaje C de la compañía Custom Computer Services Inc., Versión 4.032. [6]. Para el MD se utilizó el microcontrolador PIC18F4550, el cual tiene en el mismo encapsulado un multiplexor analógico para 13 canales, un ADC de 10bits, una unidad periférica de USB, además de una memoria RAM de 2kbytes de los cuales 1kbyte está dedicado a la unidad periférica USB y una memoria de programa de 32kbytes.

El MD es alimentado por el puerto USB, el cual es capaz de proporcionar 100mA y 5Vcd, como máximo [7]. La comunicación USB se lleva a cabo por 2 hilos (+D y -D) [4] los cuales manejan un voltaje de 3.3V, este último proporcionado por el regulador de voltaje interno del PIC.

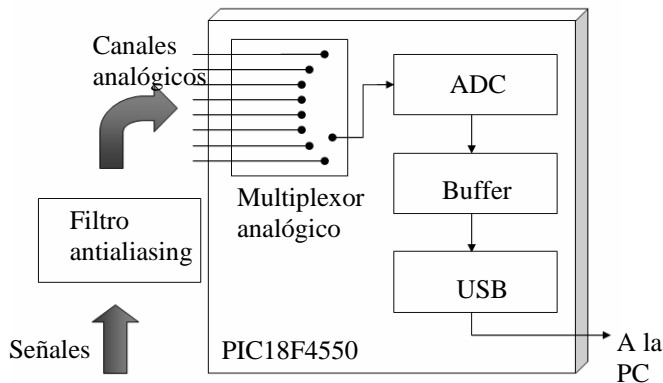


Fig. 2. Diagrama a bloques del módulo de digitalización (MD).

El tamaño del paquete de datos que envía el PIC a la PC es de 512 bytes y está definido por el driver (BulkUSBDemo de CCS) utilizado para la comunicación USB. El tamaño máximo para el *endpoint*<sup>1</sup> por el cual transmitimos datos a la PC es de 256 bytes, por lo que se tienen que enviar 2 <<paquetes. Los datos que son enviados del PIC a la PC están distribuidos como se indica en (1).

$$512bytes = \left( \frac{2bytes}{muestra} \right) \left( \frac{32muestras}{canal} \right) (8canales) \quad (1)$$

<sup>1</sup> Dirección de memoria única en un dispositivo USB, puede ser fuente o destino de la información en un flujo de comunicación. [4].

Para la transferencia de datos se usa el modo bulk<sup>2</sup>, debido a que se necesita enviar bloques grandes de datos, el envío no es continuo, cuenta con detección de errores por CRC (control de redundancia cíclica) y nos permite usar hasta un 95% del ancho de banda del bus.

Los programas aplicación para la PC fueron escritos en Delphi 7.0 [8]. Dado las facilidades de transportar códigos y algoritmos previamente validados en SIEVART que fue programado en Turbo Pascal 7. Para las aplicaciones en la PC se tomaron en cuenta los criterios de operación del programa SIEVART. Y éstas constan de 2 módulos: Adquisición y Lectura.

La aplicación Adquisición es la encargada de crear el hilo de ejecución (thread), con una prioridad *tphigher* definida en la propiedad *priority* del mismo thread, así como de sincronizar las actividades de la PC con la recepción de datos vía USB por medio de la propiedad *synchronize*. Se puede suspender el thread por si es necesaria una pausa en la adquisición de los datos. La visualización de los datos recibidos se da en tiempo real, entendiendo éste como “con retrasos aceptables” [9].

La aplicación Lectura abre los archivos creados por medio de la aplicación Adquisición, visualiza los datos del archivo creado, implementa filtros digitales para “suavizar” las señales, cursores que nos ayudan en la medición de tiempos y amplitudes, además de calcular las deltas (de tiempo y voltaje) entre los cursores en uno o varios canales, ventana de tiempo ajustable, nivel de offset que nos permite el posicionamiento vertical de las señales, así como un control de ganancia por medio del cual podemos amplificar o reducir las señales para facilitar el análisis de las mismas.

### III. RESULTADOS

Se obtuvo un SAD portátil de alta tasa de transferencia, bajo consumo, con una interfaz grafica amigable, práctico para diferentes requerimientos, con las características mostradas en la Tabla 1:

TABLA 1  
RESULTADOS DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS.

Parámetro	Resultado
Número de canales	8
Tipo de ADC	Aproximaciones sucesivas
Resolución por canal	10 bits
Frecuencia de muestreo por canal	240M/s
Tasa de transferencia	2Mbps
Rango de conversión	0-5V
Voltaje de alimentación	5Vcd
Corriente demandada	55mA

<sup>2</sup> Uno de los cuatro tipos de comunicación USB, en el cual se transmiten cantidades relativamente grandes de información. [4].

La Fig. 3 Muestra la interfaz gráfica de la aplicación Adquisición en una prueba donde se adquirieron 8 canales, en el canal 1 se tiene la señal de simulador de ECG, en el canal 2, 3 y 4 funciones seno, triangular, rampa respectivamente, en los canales 5, 6, 7, 8 se tiene un contador de décadas, donde el bit menos significativo se encuentra en el canal 5 y el más significativo en el canal 8. Los checkbox indican los canales que se encuentran habilitados. La posibilidad de invertir y habilitar las señales obtenidas son otras funciones de la aplicación Adquisición.

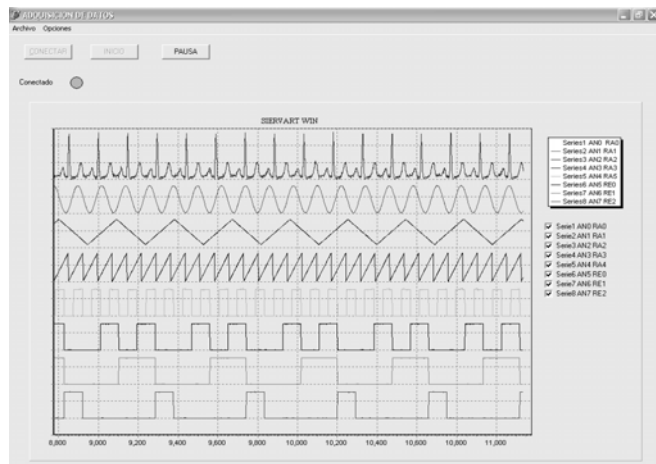


Fig. 3. Pantalla de la aplicación “Adquisición” del SIEVARTWIN, donde se presentan 8 canales de adquisición, en el canal 1 se tiene la señal de simulador de ECG, en el canal 2, 3 y 4 funciones seno, triangular, rampa respectivamente, en los canales 5, 6, 7, 8 se tiene un contador de décadas, donde el bit menos significativo se encuentra en el canal 5 y el más significativo en el canal 8.

Los datos obtenidos son almacenados en formato ASCII con lo que pueden ser tratados en aplicaciones de hojas de cálculo como Excel o bien Statistica. La Fig. 4 muestra una serie de datos capturados, procesados por Excel.

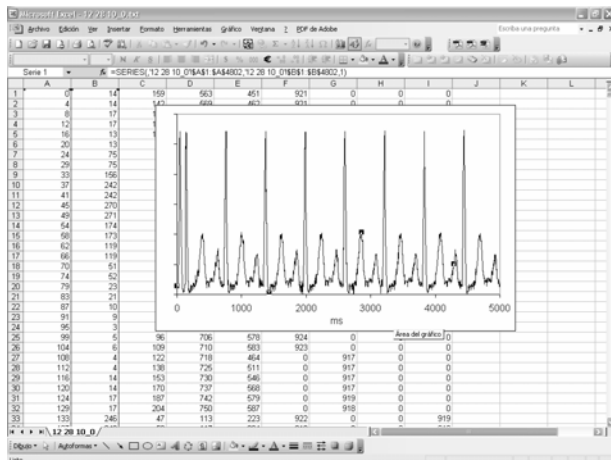


Fig. 4. Se presenta un ejemplo de los archivos almacenados por el SAD, en este caso el archivo es visualizado por Excel.

La interfaz gráfica de la aplicación de Lectura se ilustra en la Fig. 5. En esta se muestran los primeros cuatro canales adquiridos que se observan en la Fig. 3 acondicionados (por los filtros digitales, ventana de tiempo ajustable y los controles de offset y ganancia) para su mejor análisis. Además se muestra el uso de los cursores para la medición del intervalo R-R en la señal del simulador de ECG.

También se cuenta con un asistente para la impresión de reportes con las graficas obtenidas, generados con el componente *QuickReport* para Delphi [10]. La Fig. 6 presenta un ejemplo de reporte creado con la aplicación Lectura.

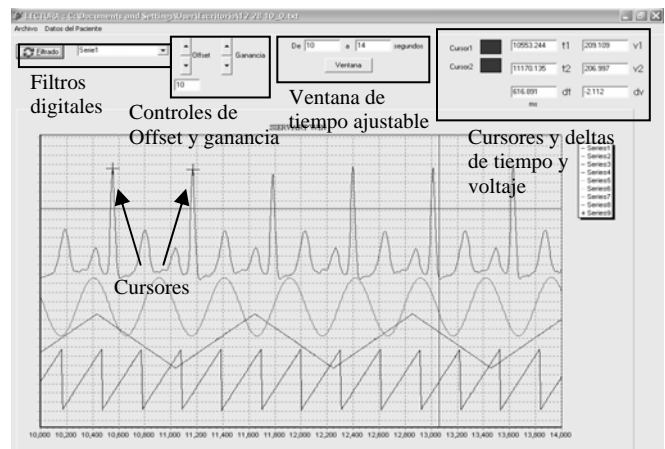


Fig. 5. Pantalla de la aplicación “Lectura” del SIEVARTWIN, en la que se muestran las diferentes herramientas para el procesamiento y análisis (filtros digitales, controles de offset y ganancia, ventana de tiempo ajustable y cursores) de los datos obtenidos.

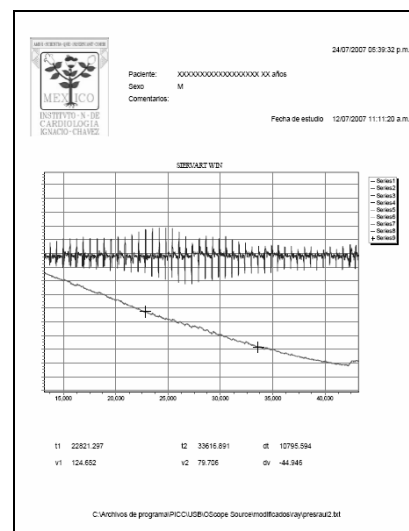


Fig. 6. Ejemplo de un reporte generado con la aplicación Lectura, donde se ilustran 2 canales, el canal superior muestra una señal de pulso oscilométrico registrada en el brazal, el canal inferior muestra la presión en el brazal, los cursores están ubicados en los niveles de presión sistólica y diastólica respectivamente.

Los resultados obtenidos en las aplicaciones para la PC fueron:

- Tiempo de recepción de datos: 2ms.
- Tamaño del paquete recibido: 512bytes.
- Visualización de los datos obtenidos en tiempo real.
- Creación de archivos temporales cada minuto de adquisición.
- Los datos son almacenados en archivos de columnas formato ASCII.
- Visualización y procesamiento de archivos guardados anteriormente.
- Filtros digitales para procesar las señales capturadas.
- Cursores y deltas de tiempo y voltaje.
- Niveles de offset y ganancia variables.
- Frecuencia de muestreo de 240 M/s con un error de 0.14%.
- El error de linealidad es de  $\pm 1$  LSb, medido en la aplicación Lectura.
- Tiempo de despliegue<sup>3</sup> de señales 20ms medidos con funciones de Win32. [11].
- La Fig. 7 muestra la distribución temporal de acciones en el SAD.

Llenado de buffer	PIC	133.3		133.3		133.3
Transmisión de datos	PIC		2		2	
Procesamiento y despliegue	PC		20		20	

Fig. 7. Se muestra la grafica de tiempos en milisegundos de las acciones del SAD.

#### IV. DISCUSIÓN

Este sistema fue diseñado para la adquisición de señales fisiológicas pero puede ser utilizado en aplicaciones que requieran de una frecuencia de muestreo menor a 240 M/s por canal, en donde gracias a la alta velocidad en la transferencia de datos no se pierden muestras en el tiempo que transmite el PIC a la PC. Este sistema puede sustituir a algunos otros que se utilizan actualmente en nuestro departamento, lo cual permitiría hacerlos compatibles con computadoras personales portátiles (Laptop) las que algunas veces no cuentan con puertos serial ni paralelo, sobre todo en modelos recientes. La utilización de programación en Delphi hizo posible utilizar los algoritmos previamente programados en Turbo Pascal 7, lo cual aceleró el desarrollo de este sistema de adquisición de datos.

Las aplicaciones que se crearon para la PC por su parte

también pueden ser fácilmente adaptadas a otros sistemas de adquisición, además de contar con herramientas prácticas para adquisición y análisis de las señales.

#### V. CONCLUSIÓN

Gracias a la existencia de componentes de alta escala de integración como los microcontroladores, fue posible el desarrollo de este sistema de adquisición de datos de bajo consumo.

El sistema es de fácil instalación. Los requerimientos mínimos de la PC para usar este SAD son:

- Procesador de 500MHz.
- Memoria RAM de 128MB.
- Resolución de pantalla 1024x796 píxeles.
- Windows 98 o posterior.

Con lo cual es posible capturar, almacenar y procesar señales a una frecuencia de muestreo de 240M/s a través del puerto USB de una PC de escritorio o Laptop.

Este SAD con una unidad de aislamiento eléctrico nos permitirá en un futuro monitorear señales de ECG de bajo consumo de un sistema que se está desarrollando en nuestro departamento, y posteriormente señales de vectocardiograma.

#### BIBLIOGRAFÍA.

- [1] G Rodríguez, S Cortes, R Martínez, A Gómez, "Sistema de adquisición de señales para Windows SADW2" en *II Congreso Latinoamericano de Ingeniería Biomédica*, La Habana, Cuba, 2001.
- [2] [http://www.ni.com/license/licensing\\_options.htm](http://www.ni.com/license/licensing_options.htm) julio, 2007.
- [3] O Infante, G Sánchez, R Martínez, P Flores, G Pastelin, M Sánchez, "Medición de presión arterial utilizando el retardo en el pulso distal", *Caderno de Engenharia Biomédica*, vol. 13, no. 3, pp. 81-92, 1997.
- [4] Universal Serial Bus Specification Revision 2.0 April 27, 2000. Disponible en: [http://www.usb.org/developers/docs/usb\\_20\\_071607.zip](http://www.usb.org/developers/docs/usb_20_071607.zip)
- [5] PIC2455/2550/4450/4550 Data Sheet, Microchip Technology Inc., Arizona, USA, 2007.
- [6] CCS C Compiler, CCS, Inc. Custom Computer Services, Inc. Brookfield, WI, USA, 2007.
- [7] *On-The-Go Supplement to the USB 2.0 Specification, Revision 1.3, December 5, 2006*. Disponible en: [http://www.usb.org/developers/docs/USB\\_OTG\\_1-3.pdf](http://www.usb.org/developers/docs/USB_OTG_1-3.pdf)
- [8] Borland Delphi, Borland Software Corporation, Cupertino, CA, USA, 2007.
- [9] *Desarrollo de sistemas de adquisición de datos y control de tiempo real con tecnologías estándar*. Nacional Instruments. <http://digital.ni.com/worldwide/latam.nsf/web/all/1C3E84995C1861C886256F34007CFA43>
- [10] D Osier, S Grobman, S Batson, *Aprendiendo Delphi 3 en 14 días*, pp. 443-452, Prentice-Hall Hispanoamérica, 1998.
- [11] <http://msdn2.microsoft.com/en-us/library/ms674866.aspx> agosto 2007.

<sup>3</sup> Utilizando un microprocesador Celeron M a 1.3GHz y memoria RAM de 512Mbytes.