

# Sistema automático para la detección y diagnóstico de fallos en circuitos electrónicos

H. Coto-Fuentes<sup>1</sup>, E. E. Valdés-Zaldivar<sup>2</sup>

**Resumen**— El presente artículo describe las características más importantes de un sistema desarrollado para la automatización del proceso de detección y diagnóstico de componentes con fallo en circuitos electrónicos. El sistema está compuesto por dos bloques estructurales: Sistema Experto e Interfaz de Adquisición, los cuales conjuntamente estimulan y obtienen las respuestas de los circuitos electrónicos diagnosticados. Como resultado, se genera un reporte con las causas estimadas de los fallos, a partir del análisis de las mediciones realizadas.

**Palabras claves**— circuitos electrónicos, detección y diagnóstico de fallo, interfaz de adquisición, sistema experto

**Abstract**— *The present article describes the most important characteristics of a system developed for the automation of the process of fault diagnostic and detection in electronic circuit components. The system is composed by two structural blocks: Expert System and Acquisition Interface, which actions stimulate and measure the response of the diagnosed electronic circuit. As a result, a report is generated with the estimated failure causes, using the analysis of the measurement results.*

**Keywords**— acquisition interface, electronic circuits, expert system, fault detection and diagnostic

## I. INTRODUCCIÓN

Con más de 30 años de experiencia en la producción de equipamiento electrónico, el Instituto Central de Investigaciones Digitales (ICID) cuenta con el personal calificado y el respaldo tecnológico para materializar todas las etapas del proceso productivo en la industria electrónica. Especializados en equipos médicos, sus principales logros están orientados a los servicios de cardiología y de atención a pacientes de terapia intensiva.

Insertándose en las etapas de Producción y Asistencia Técnica, el sistema que ocupa el presente artículo tiene como objetivo fundamental automatizar el proceso de detección y diagnóstico de componentes con fallos en los circuitos electrónicos producidos en el ICID. De este modo se contribuye a la disminución del tiempo empleado en la puesta en marcha y reparación de los equipos médicos.

## II. PARTE TÉCNICA DEL ARTÍCULO

La arquitectura del sistema de diagnóstico de fallos se puede dividir funcionalmente en dos grandes bloques: Sistema Experto e Interfaz de Adquisición.

- El Sistema Experto (SE) es una entidad software [1,2] programada para detectar componentes con fallo en circuitos electrónicos, de manera similar a como lo hace un especialista humano. Para interactuar con los circuitos bajo prueba controla la Interfaz de Adquisición, a través de la cual estimula y adquiere las mediciones necesarias para llevar a cabo un diagnóstico activo.
- La Interfaz de Adquisición está constituida por un instrumento virtual, que controlado por el Sistema Experto, se encarga de manipular los recursos hardware de una tarjeta de adquisición de datos, indispensables para la interacción con los circuitos que se diagnostican. Es además, la encargada de mostrar los resultados del diagnóstico.

En la figura 1 se puede apreciar más detalladamente la arquitectura del sistema de diagnóstico, donde la computadora juega un papel fundamental como plataforma de ambos bloques. Los elementos *hardware* y *software* que integran la Interfaz de Adquisición se encuentran encerrados en líneas discontinuas, mientras las flechas indican en qué sentido se realiza el intercambio de datos entre los distintos bloques del sistema.

### A. La Interfaz de Adquisición

La mayoría de los Sistemas Expertos utilizados en entornos académicos, médicos e industriales funcionan bajo el principio de preguntas y respuestas [2,3]. Una vez cargada la base de conocimiento el motor de inferencia envía preguntas al operador. De las respuestas dependerá el análisis y los resultados obtenidos por el SE.

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, Av. Tecnológico 1555 Sur, Periférico Gómez-Lerdo, Ciudad Lerdo, Durango C.P. 35150 \*  
\*hesnercf@itslerdo.edu.mx

<sup>2</sup> Universidad Tecnológica de la Habana, Calle 114, Marianao, La Habana, Cuba.

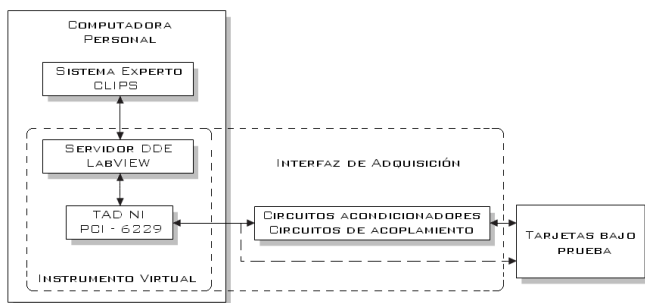


Figura 1. Arquitectura general del sistema de diagnóstico de fallos.

En el sistema de diagnóstico que se describe no ocurre así. La operación del Sistema Experto no dependerá del operario, ya que su conexión directa a la Interfaz de Adquisición le permite estimular y medir los puntos necesarios para realizar el diagnóstico de los circuitos.

Siguiendo estos principios la Interfaz de Adquisición debe ser capaz de realizar las siguientes funciones:

1. Comunicarse con el Sistema Experto.
2. Generar y medir señales (digitales y analógicas) utilizando la tarjeta de adquisición de datos PCI – 6229.

El Sistema Experto y el Instrumento Virtual en la Interfaz de Adquisición son programas ejecutándose en la misma computadora. La aplicación que contiene el Sistema Experto fue programada en Visual Studio, mientras el instrumento virtual corre sobre LabVIEW. Para comunicarlos se utilizó el método de intercambio de datos entre aplicaciones DDE (*Dynamic Data Exchange*), ya que ambos ambientes de programación cuentan con las funciones necesarias para implementarlo [4,5].

El instrumento virtual en la Interfaz de Adquisición constituye un servidor DDE, aceptando la conexión del Sistema Experto para en acción conjunta realizar el diagnóstico. Para la comunicación entre ambos se definieron dos variables: “ClipsToLabVIEW” y “LabViewToCLIPS”. La primera es utilizada por el Sistema Experto para enviar al instrumento virtual los comandos necesarios para su control, por ejemplo, estimular un terminal o medir determinado punto. La segunda es utilizada por el instrumento virtual para mandar datos al Sistema Experto, por ejemplo, el valor obtenido de una medición.

La adquisición y generación básica de señales se realiza utilizando el componente DAQ Assistant, VI express adicionado a las paletas de LabVIEW con la instalación del paquete NI-DAQmx. Orientado al uso de las tarjetas de adquisición de datos de *National Instruments*, sus funciones

facilitan la manipulación de los recursos digitales y analógicos presentes en las mismas.

La figura 2 muestra un fragmento de la programación (código gráfico) asociada a la Interfaz de Adquisición. Compuesta por una estructura *while*, la que constantemente encuesta la variable “ClipsToLabVIEW”.

La decodificación del comando enviado por el Sistema Experto activará el frame correspondiente de la estructura *case* en el centro de la figura 2.

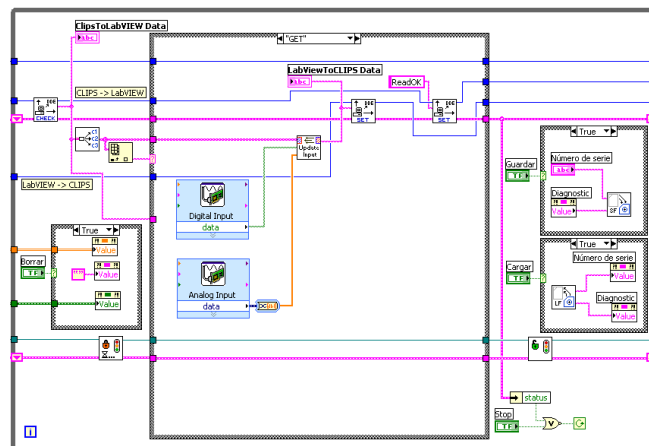


Figura 2. Fragmento del programa en código gráfico asociado al instrumento virtual de mayor nivel jerárquico en la Interfaz de Adquisición.

El panel frontal de la Interfaz de Adquisición cuenta con los recursos básicos para brindar las funcionalidades más importantes. Entre las que se encuentran la configuración de la comunicación DDE y la presentación en modo texto de los resultados obtenidos por el Sistema Experto. También se permite guardar en ficheros los diagnósticos realizados, así como las lecturas para un posterior análisis.

### B. El Sistema Experto

Para el desarrollo del sistema experto se utilizó CLIPS (*C Language Integrated Production System*), herramienta desarrollada por la sección de Inteligencia Artificial de la NASA’s Johnson Space Center para la creación de sistemas expertos de propósito general [2,6]. Actualmente de dominio público, la utilización de CLIPS es libre de costo y permite su integración con otros lenguajes de programación como el C++ [6], lo que permitió un cambio de interfaz y el acceso del sistema experto a los recursos que necesita para realizar el diagnóstico.

La programación del Sistema Experto se realizó en Visual Studio, representando una ventaja su integración con CLIPS y la posibilidad de desarrollar versiones posteriores donde la manipulación de la tarjeta de adquisición de datos no dependa

de LabVIEW, realizándose todo el proceso de diagnóstico en la misma aplicación.

La nueva interfaz de CLIPS, adaptada a las necesidades del sistema de diagnóstico, se basa en la medición y generación de tensiones a partir de la comunicación del núcleo del sistema experto con la Interfaz de Adquisición. Estas operaciones ocurren de forma automática, o con intervención del usuario (modo manual).

El modo manual cumple dos objetivos muy importantes. Primero, brinda la posibilidad de depurar las bases de conocimiento, ya que la ejecución del motor de inferencia se detendrá mientras no sean introducidos los datos que demanda, controlando e incidiendo en el proceso según los datos ingresados. La segunda, y no menos importante, es que permite la realización del diagnóstico sin la utilización de elementos externos, con el inconveniente de que el usuario debe efectuar todas las operaciones que indique el sistema experto.

La figura 3 muestra la nueva interfaz gráfica, denominada LabCLIPS.

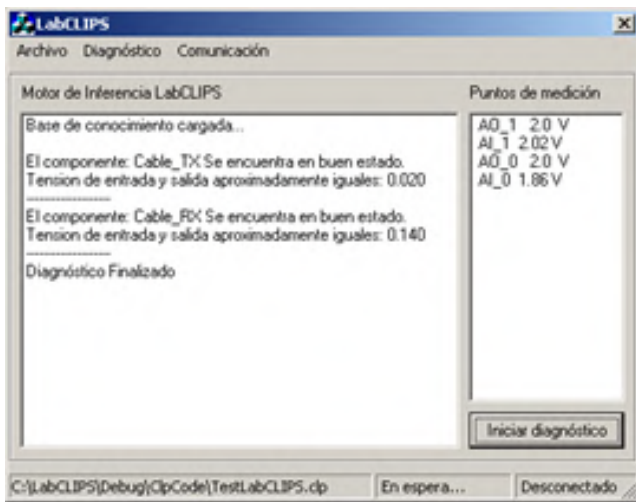


Figura 3. Interfaz gráfica de LabCLIPS. Sistema Experto para la detección y diagnóstico de componentes con fallo en circuitos electrónicos.

LabCLIPS mantiene el entorno orientado a texto del ambiente original de CLIPS. Añadiendo la posibilidad de comunicarse con la Interfaz de Adquisición para obtener los datos que necesita durante el proceso de diagnóstico de fallos en los circuitos electrónicos.

Para la programación de las bases de conocimiento del Sistema Experto fueron utilizadas reglas de producción, facilitando la modificación y modularidad del conocimiento descrito. Es importante destacar que toda la operación llevada

a cabo por el sistema de diagnóstico la controlará el SE, según la base de conocimiento ejecutada.

### III. RESULTADOS

Para poner a punto el sistema de diagnóstico de fallos se utilizó la tarjeta de medición de parámetros fisiológicos (MPP), componente fundamental del equipo médico DOCTUS, producido en el ICID. Entre las principales características de los circuitos que integran la tarjeta mencionada se encuentra la presencia de un convertidor CD-CD, lo que implica en el circuito analizado la existencia de dos referencias de tierra. Aspecto importante a tomar en cuenta al realizar las mediciones.

La tarjeta MPP está formada por cuatro bloques fundamentales: “Fuente CD – CD”, “Comunicación Serie”, canales analógicos “MUX – ADC” y “Accionamiento Neumático”. Para el diagnóstico de la tarjeta MPP fue necesario utilizar recursos digitales y analógicos de la tarjeta de adquisición de datos. Además de algunos circuitos acondicionadores debido a las dos referencias de tierra.

La figura 4 muestra el panel frontal de la Interfaz de Adquisición para el diagnóstico de la tarjeta MPP. En ella se pueden apreciar las gráficas obtenidas de la estimulación y medición del comportamiento de los distintos bloques antes mencionados, así como el diagnóstico entregado por el Sistema Experto en modo texto (columna derecha).

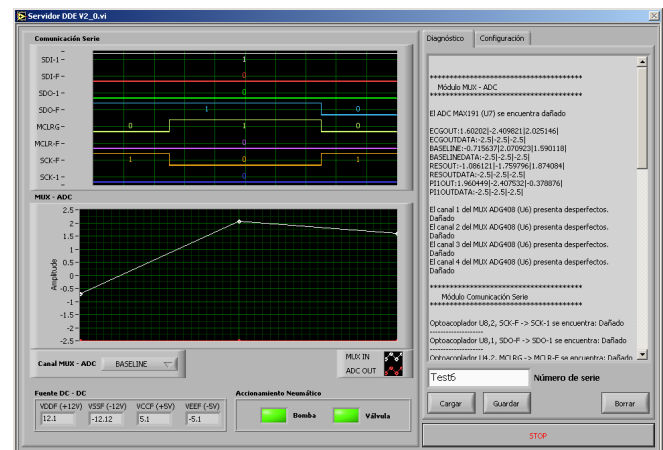


Figura 4. Panel Frontal de la Interfaz de Adquisición para el diagnóstico de la tarjeta MPP.

Luego de analizado el diagnóstico realizado a un conjunto de tarjetas se llegaron a las siguientes conclusiones:

- El Sistema Experto puede utilizarse con excelentes resultados en el diagnóstico de la tarjeta MPP.
- Todo el proceso de detección y localización automática de los fallos se realiza en un tiempo nunca superior a los dos

minutos, disminuyendo apreciablemente el tiempo requerido por un operario.

- Al concluir las mediciones el sistema entrega al operador un diagnóstico estimado de los distintos bloques que componen la tarjeta MPP, reduciendo el tiempo que el personal calificado emplea en la reparación de las tarjetas defectuosas.

El sistema descrito fue inicialmente concebido para realizar labores de detección y diagnóstico de fallos en circuitos electrónicos. No obstante, la flexibilidad *hardware* de la Instrumentación Virtual junto al procesamiento de un Sistema Experto, permite utilizarlo en casi cualquier aplicación que requiera de la generación y medición de variables eléctricas.

#### IV. CONCLUSIONES

Como resultado del trabajo presentado se desarrolló un Sistema automático para el diagnóstico de componentes con fallos en circuitos electrónicos. Los resultados obtenidos permiten concluir:

- El uso de la Instrumentación Virtual en el desarrollo de la Interfaz de Adquisición brinda al sistema elementos de *hardware* configurables por *software*, permitiendo la modificación de las funcionalidades de la aplicación según las exigencias de la misma.

- La utilización de un Sistema Experto acelera y mejora el proceso de puesta en marcha de las tarjetas que componen los equipos médicos producidos en el ICID. Además, se disminuye el tiempo de verificación de los circuitos y permite que personal no especializado en las tarjetas diagnosticadas pueda realizar las labores de reparación.

- Para el desarrollo del Sistema Experto se seleccionó el Shell CLIPS, encapsulándolo en una aplicación que se programó en lenguaje C++ utilizando la plataforma de desarrollo Visual Studio.

- Se utilizó el Sistema de Diagnóstico para la detección y localización de fallos en las tarjetas MPP, para lo que fue necesario implementar los circuitos de acondicionamiento y la base de conocimiento.

- Todo el proceso de detección y localización automática de los fallos en la tarjeta MPP se realiza en un tiempo nunca superior a los dos minutos, disminuyendo apreciablemente el tiempo requerido por el anterior sistema utilizado en el ICID.

#### V. AGRADECIMIENTOS

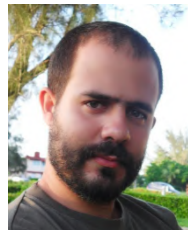
Los autores desean agradecer la colaboración de la Dirección y los trabajadores del Instituto Central de Investigaciones

Digitales, La Habana, Cuba

#### VI. REFERENCIAS

- [1] Palade, V., Bocaniala, C.D., Jain, L.: Computational Intelligence in Fault Diagnosis. 2006, Springer.
- [2] Giarratano, J., Riley, G.: Expert Systems Principles and Programming. Third ed. 2002: China Machine Press.
- [3] Castillo, E., Gutiérrez, J.M., Hadi, A.S.: Sistemas Expertos y Modelos de Redes Probabilísticas. 2004.
- [4] Bitter, R.: LabVIEW Advanced Programming Techniques. 2001, CRC Press.
- [5] Corporation, M.: MSDN. 2005, Microsoft Corporation.
- [6] Riley, G.: CLIPS Interfaces Guide. 2007.

#### VII. BIOGRAFÍA



**Coto Fuentes Hesner.** Ingeniero en Automática egresado del Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, La Habana, Cuba. Maestro en Diseño de Sistemas Electrónicos por el Centro de Investigaciones en Microelectrónica, La Habana, Cuba, y Doctor en Ciencias en Ingeniería Eléctrica con especialización en Instrumentación Electrónica por el Instituto Tecnológico de la Laguna, Torreón, Coahuila, México. En su trayectoria como docente

- investigador se ha especializado en las áreas de Instrumentación Virtual y desarrollo de sistemas electrónicos aplicados a la medicina, la industria y el medio ambiente.



**Valdés Zaldivar Enrique Ernesto.** Ingeniero en Equipos y Componentes Electrónicos, Profesor Titular, Doctor en Ciencias Técnicas, Docente e Investigador del Centro de Investigaciones en Microelectrónica, Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría".