

Automatización de un sistema de medición para el análisis de materiales ante la aplicación de campos eléctricos de corriente alterna

Y. García-Puentes, A. Santana-Gil, A. Peláiz-Barranco†.

Facultad de Física-Instituto de Ciencia y Tecnología de Materiales, Universidad de La Habana.
San Lázaro y L, Vedado. La Habana 10400, Cuba; pelaiz@fisica.uh.cu†.

†autor para la correspondencia

Recibido el 3/01/2009. Aprobado en versión final el 24/07/2009.

Sumario. Este trabajo describe el programa “Puente RLC”, desarrollado utilizando LabVIEW, como parte de la automatización de un puente RLC Wayne Kerr que permite obtener de manera precisa la respuesta de diversos tipos de materiales ante la aplicación de campos eléctricos de corriente alterna (“ac”) en diferentes intervalos de frecuencia. Se presentan los resultados obtenidos en diversas muestras, que corroboran la confiabilidad del programa desarrollado.

Abstract. The paper describes the program named “Puente RLC”, which has been developed by using LabVIEW for a Wayne Kerr RLC bridge. By using the program the electrical response of many materials can be obtained when an “ac” electric field is applied in wide frequency ranges. The measurements made in some materials have showed very good results.

Palabras clave. Dielectric loss and relaxation 77.22.Gm; Capacitance measurements 84.37.+q; Measurement of impedance 43.58.Bh.

1 Introducción

En el desarrollo de la industria electrónica son múltiples las aplicaciones que se desarrollan empleando diversos tipos de materiales metálicos, dieléctricos, semiconductores, piezoeléctricos, piroeléctricos, ferroeléctricos, etc., ya sea en forma cerámica, capas delgadas, polímeros o los llamados “composites” (materiales compuestos).

Para el desarrollo de muchas de estas aplicaciones, de entre los diversos estudios que deben llevarse a cabo, es necesario evaluar el comportamiento de los materiales ante la aplicación de campos eléctricos de corriente alterna (“ac”) en diferentes intervalos de frecuencia, temperatura e incluso bajo condiciones de vacío, presión hidrostática, etc. Es por ello que el estudio de la respuesta eléctrica de materiales en estas diversas condiciones es

hoy una investigación básica de gran importancia y que abarca una parte importante de la literatura científica especializada en la actualidad¹⁻¹⁰.

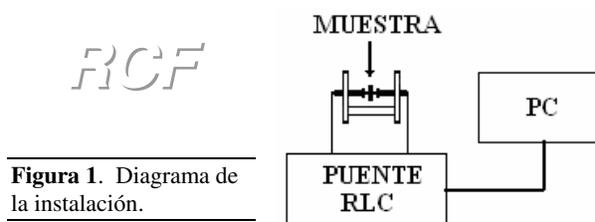


Figura 1. Diagrama de la instalación.

En los laboratorios de nuestra Universidad, donde se estudian materiales de diverso tipo, se han realizado hasta el momento este tipo de mediciones utilizando puentes RLC con limitado nivel de automatización, con el inconveniente de no poder controlar todas las variables a me-

dir de manera automática, ni los intervalos de frecuencias deseadas, ni el paso de variación de la frecuencia. Todo esto debido en gran medida a las características propias del equipamiento y las posibilidades de programación.

En la actualidad se cuenta con un puente RLC Wayne Kerr que trabaja en un amplio intervalo de frecuencias y con una alta sensibilidad en la medición de diferentes parámetros, con lo cual se garantiza el estudio en una gama muy amplia de materiales. Sin embargo, para garantizar una lectura precisa de los parámetros deseados en un amplio intervalo de frecuencias, se hace necesario contar con un sistema automatizado que permita medidas confiables, en particular cuando se requiere un número grande de frecuencias en intervalos muy precisos o cuando se trata de medidas que deben realizarse a diferentes temperaturas o diferentes campos de “ac” aplicados a los materiales en estudio. Precisamente, con el objetivo de poder controlar y garantizar la adquisición, el muestreo y el procesamiento de los datos experimentales se desarrolló el programa “*Puente RLC*” utilizando LabVIEW, el cual describiremos en este trabajo.

2 Descripción de la instalación y del programa

Con el desarrollo alcanzado por la computación se han difundido ampliamente los sistemas o lenguajes de programación como el C, Pascal y BASIC. Estos son lenguajes que permiten desarrollar programas de computación. El LabVIEW¹¹, no es más que un sistema de desarrollo con una diferencia importante, en él no se teclea instrucciones textuales, se emplea un lenguaje de programación gráfico denominado G por medio del cual se crean programas en forma de diagramas de flujo. En estos diagramas de flujo cada bloque componente cumple una función específica, análogo a como lo hacen las instrucciones en los lenguajes textuales.

Los programas desarrollados en LabVIEW se denominan instrumentos virtuales (IV), ya que su apariencia y operación imitan a un instrumento real. Los IV presentan una interfase de usuario llamada “panel frontal” en el cual aparece un conjunto de controles e indicadores que el usuario puede manipular por medio del teclado o el ratón (mouse) y que imitan los del instrumento real. El IV funciona según el diagrama de flujo creado en otra pantalla llamada diagrama. Luego, creando diferentes instrumentos virtuales se puede convertir la computadora en los correspondientes instrumentos reales, que funcionen y presenten los datos como el instrumento original.

El montaje experimental empleado para este trabajo consta de un puente RLC Wayne Kerr 4270, un portamuestras y una computadora (Figura 1). El puente se acopla a la computadora (PC) a través de un puerto RS232.

El programa descrito en este trabajo constituye un instrumento virtual que ha sido desarrollado empleando LabVIEW 7.0 y se puede subdividir en cuatro grandes

bloques interrelacionados entre sí de manera adecuada (Figura 2).

Figura 2.- Algoritmo general del programa. F_i y $F_{m\acute{a}x}$ se refieren a las frecuencias iniciales y finales de la medición, respectivamente.



El primer bloque (*Inicialización*) es el encargado de inicializar el puente RLC y el puerto serie de la PC a través del cual se realizará la “comunicación”, estableciéndose parámetros como el número del puerto serie que se va a utilizar, la paridad, velocidad de transmisión, número de bits de datos y otros.

Durante la ejecución del segundo bloque (*Datos Iniciales*) el usuario introduce dos parámetros que se deseen medir de la muestra de manera simultánea (capacidad, pérdidas dieléctricas, impedancia eléctrica, resistencia eléctrica o fase), el intervalo de frecuencia deseado dentro de un intervalo entre 100Hz y 1MHz, el voltaje “ac” que se le aplicará a la muestra, el circuito que se considerará para la medición (serie, paralelo o selección automática) y el nombre del fichero donde se guardarán los datos, mediante las cajas de diálogo (2.1), (2.2), (2.3), (2.6) y (2.4), respectivamente, que aparecen en la Figura 3 (Panel frontal del IV). También se puede dentro del intervalo de frecuencias seleccionado fijar el paso con que variará la frecuencia (2.7) y el número de veces que se repetirá cada medición (2.5). Por medio del botón “Medir” (2.8), se indica al IV que comience la medición.

A partir de este momento comienza a ejecutarse el tercer bloque (*Medición y Muestreo de los Datos*), tomándose del puente los valores de las magnitudes que se están midiendo, en el intervalo de frecuencias fijado, al tiempo que se van mostrando en los indicadores (2.9) y (2.10). Así mismo, en las pantallas (2.11) y (2.12) se grafican los puntos experimentales. Esta pantalla presenta ejes autoajustables para posibilitar que se actualice con cada nuevo punto y se muestre completamente la data experimental almacenada.

La frecuencia (F) irá variando con el paso seleccionado y se ejecutará el tercer bloque en cada caso; una vez alcanzada la frecuencia máxima deseada ($F > F_{m\acute{a}x}$) se ejecuta el cuarto y último bloque (*Salvar Datos*) y quedan guardados los datos experimentales en un fichero de tipo texto para que puedan ser procesados por graficadores comerciales. Este fichero contiene en tres columnas los datos experimentales (frecuencia y ambos parámetros medidos). Luego, el programa queda listo para la próxima medición.

La Figura 4 presenta el panel de diagrama donde aparece un fragmento del programa. En el mismo se muestra

como se obtiene del puente el valor de la magnitud que se está midiendo con el uso de ciclos, secuencias, controles, indicadores y otros.

Figura 3. Panel frontal del programa "Puente RLC". Se muestra como ejemplo la selección de los parámetros "capacidad" y "pérdidas" para ser medidos desde 500Hz hasta 1MHz, aplicando 1V al material.

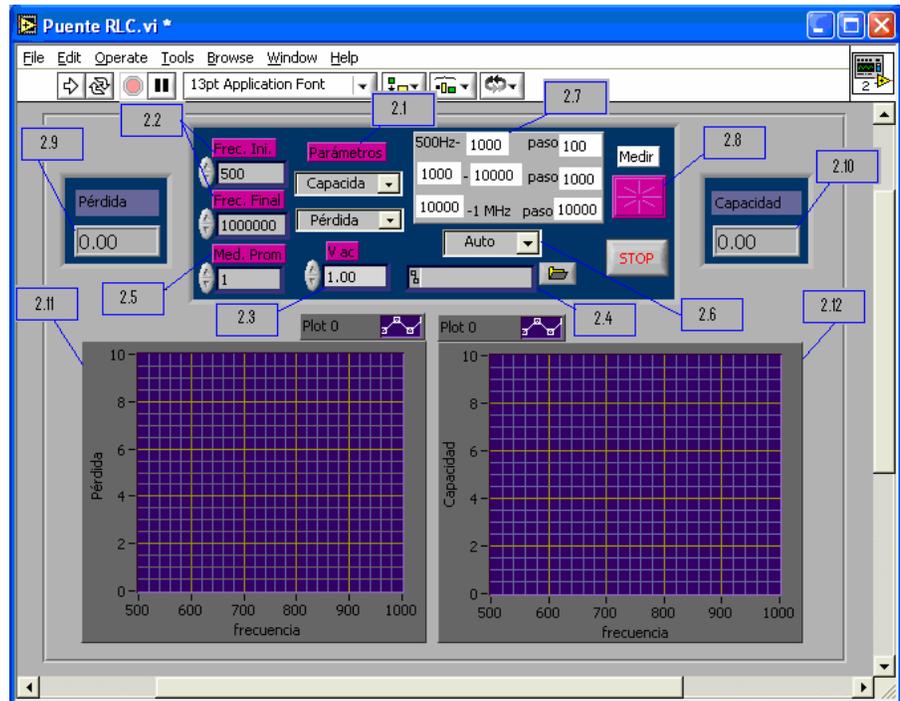
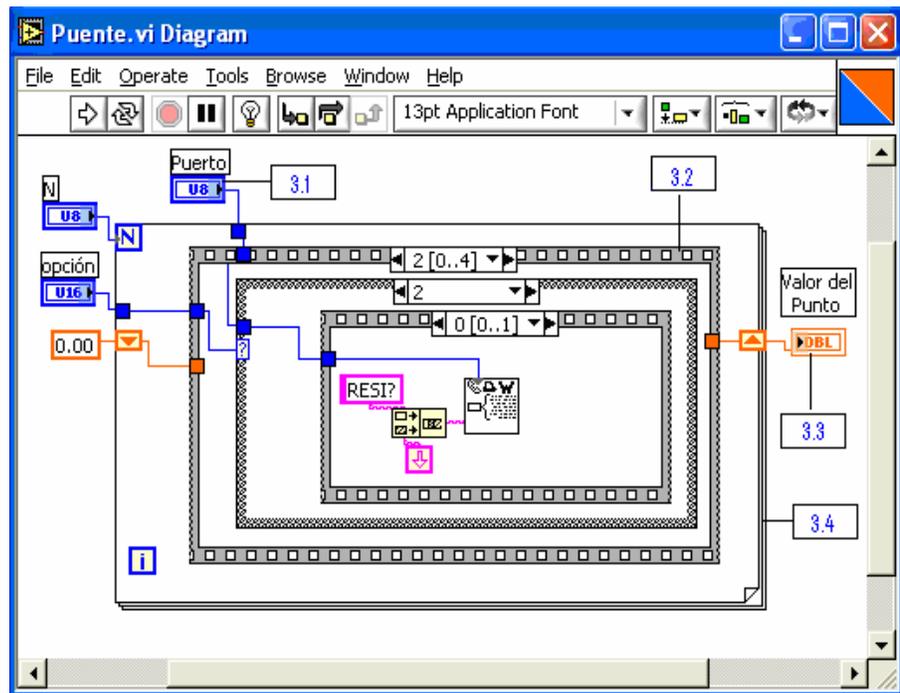


Figura 4.- Panel de diagrama donde se muestra un fragmento del programa.



3 Resultados

Empleando la automatización desarrollada se han realizado mediciones de diversos materiales obtenidos en nuestra Universidad. En las Figuras 5 y 6 mostramos dos ejemplos de las mediciones realizadas. En un caso (Figura 5) una muestra ferroeléctrica para la cual se muestra la

dependencia de la resistencia eléctrica y la capacidad con la frecuencia, parámetros a partir de los cuales puede obtenerse igual dependencia para parámetros como la permitividad dieléctrica, el factor de pérdidas dieléctricas, la conductividad o la resistividad eléctrica, el modulo eléctrico, la impedancia eléctrica, entre otros. El segundo ejemplo (Figura 6) es una muestra piezoeléctrica polari-

zada que muestra el fenómeno de la resonancia electromecánica en los dos parámetros medidos, a partir de lo cual se pueden determinar diversos parámetros electromecánicos, de gran utilidad para la valoración de aplicaciones piezoeléctricas¹². Es importante destacar que los

resultados obtenidos están en correspondencia con lo que debía esperarse para estos materiales y fueron corroborados por mediciones realizadas mediante otras técnicas experimentales.

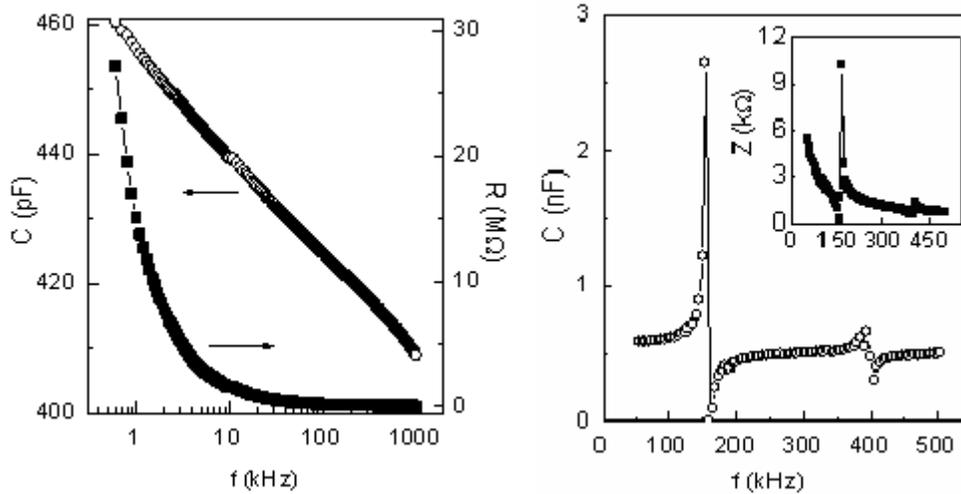


Figura 5 y 6.- Medidas realizadas en un material ferroeléctrico (izq) y en uno piezoeléctrico polarizado (der).

4 Conclusiones

Se desarrolló el programa “Puente RLC“, utilizando LabVIEW, para el análisis de la respuesta eléctrica de diversos tipos de materiales ante la aplicación de campos eléctricos de corriente alterna (“ac”). El programa ofrece muchas facilidades al usuario al permitirle establecer los parámetros que desea medir, los intervalos de frecuencias deseadas, su paso de variación, el voltaje que se aplicará a la muestra, entre otras. Las medidas realizadas con el programa desarrollado mostraron muy buenos resultados.

Agradecimientos

Agradecimientos a la Academia de Ciencias del Tercer Mundo (TWAS) por los proyectos Research Grant: RG/PHYS/LA No. 99-050, No. 02-225 y No. 05-043, y al ICTP por el apoyo a la Red Latinoamericana de Materiales Ferroeléctricos. Gracias a Regina de Lahaye Torres y MSc. René López Noda por la preparación y polarización de las muestras ferroeléctricas y piezoeléctricas que se utilizaron en el trabajo, respectivamente.

Referencias

1. A. K. Jonscher, en *Dielectric Relaxation in Solids* (Chelsea Dielectric Press, London, 1983).
2. A. K. Jonscher, en *Universal Relaxation Law* (Chelsea Dielectrics Press, London, 1996).

3. J. Ross Macdonald, en *Impedance Spectroscopy* (John Wiley & Sons, 2005).

4. N. Zhong, S. Okamura, K. Uchiyama y T. Shiosaki, “Single-ionized-oxygen-vacancy-related dielectric relaxation in $\text{Bi}_{3.25}\text{La}_{0.75}\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ ferroelectric films”, *Appl. Phys. Lett.* 87, 252901 (2005).

5. Chen Ang, Zhi Yu y L. E. Cross, “Oxygen-vacancy-related low-frequency dielectric relaxation and electrical conduction in Bi:SrTiO_3 ”, *Phys. Rev. B* 62, No. 1, 228-236 (2000).

6. J. P. Calame, “Finite difference simulations of permittivity and electric field statistics in ceramic-polymer composites for capacitor applications”, *J. Appl. Phys.* 99, 084101 (2006).

7. R. K. Grubbs, E. L. Venturini, G. A. Samara, Y. Wang y N. Setter, “Dielectric properties of Zr-modified $\text{PbMg}_{1/3}\text{Ta}_{2/3}\text{O}_3$ ceramic: Influence of pressure, biasing electric field, and B-site cationic order”, *J. Appl. Phys.* 100, 114505 (2006).

8. W. H. Han, X. K. Chen, E. Q. Xie, G. Wu, J. P. Yang, R. Wang, S. Z. Cao y Y. L. Wang, “High negative temperature coefficient of resistance of heteroepitaxial $(\text{Ba,Sr})\text{TiO}_3$ single crystal films prepared by pulsed laser deposition”, *Surf. Coat. Tech.* 201, 5680-5683 (2007).

9. J. E. Kim, H. W. Choi, S. J. Kim, Ken-ichi Ohshima y Y. S. Yang, “Electrical anomaly in $2\text{SrTiO}_3\text{-SiO}_2$ glass”, *Mat. Sci. Eng. A* 449-451, 302 (2007).

10. G. Xu, Z. Zhong, Y. Bing, Z.G. Ye y G. Shirane, “Electric-field-induced redistribution of polar nano-regions in a relaxor ferroelectric”, *Nature* 5, 134-140 (2006).

11. G. W. Johnson, en *LabVIEW Graphical Programming. Practical Applications in Instrumentation and Control* (McGraw-Hill, Inc., 1994).

12. B. Jafee, W. Cook y H. Jafee, en *Piezoelectric Ceramics* (Academic Press, London-New York, 1971).