# Instrumento virtual de acceso remoto para el osciloscopio Tektronix TBS 1072B-EDU

Lidia Hortencia Rascón Madrigal<sup>1</sup>, Alfonso Iván de la Torre Ponce<sup>1</sup>, Rafael González Landaeta<sup>1</sup>, Francisco J. Enríquez Aguilera<sup>1</sup>, Sergio Miguel Terrazas Porras<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Eléctrica y Computación, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

## Resumen

A fin de contribuir en la creación de un laboratorio virtual de acceso remoto que permita a los estudiantes y profesores realizar prácticas de laboratorio, medición y monitoreo de señales, se creó un instrumento virtual para el osciloscopio Tektronix TBS 1072B-EDU que se puede acceder en forma remota vía una página web. Para contribuir en las habilidades prácticas de los estudiantes al trabajar en los circuitos en un ambiente real vía online. Además de optimizar recursos como; equipo en el laboratorio, espacio en el edificio y tiempo de los estudiantes.

Palabras clave: Educación, laboratorio virtual, instrumento virtual, osciloscopio.

## Introducción

Laboratorios virtuales laboratorios V remotos. Un laboratorio virtual permite a los estudiantes conectarse a un software para simular un circuito o programa a distancia (online), con el propósito de adquirir o incrementar las habilidades prácticas; son seguros y no tiene ningún riesgo ya que no se trabaja con instrumentos reales, pero no predicen con exactitud los resultados esperados. Por otro lado, los laboratorios remotos, permiten que los estudiantes realicen prácticas utilizando instrumentos reales en forma remota, y conllevan sistemas de seguridad, registros de control de acceso, reservación de tiempo de uso. Sin embargo, sus ventajas es que los estudiantes pueden ejercitar sus habilidades prácticas sin tener que desplazarse a las instalaciones de laboratorio y trabajar con instrumentos reales.

Diversas universidades han desarrollado laboratorios virtuales y

remotos; por ejemplo, la Escuela de Ingenieros Industriales de la UNED posee el laboratorio virtual JKarnaugh (online) y un laboratorio de electrónica digital. Así como, laboratorios remotos para el aprendizaje de programación de microcontroladores como los PIC16F88X, microprocesador Motorola 68000 y FPGA Xilinx 3AN Spartan (Gutiérrez et al., 2012).

La Universidad de Deusto dispone y utiliza desde el año 2001 de un laboratorio remoto llamado el WebLab-DEUSTO donde el alumno puede hacer prácticas con VHDL-CPLD, VHDL-FPGA, microcontroladores PIC, GPIB, microbótica y electrónica básica, (Orduña, 2012). En Italia, el laboratorio didáctico remoto (LA.DI.RE) "G. Savastano." Auspiciado por el ministerio Italiano de educación, es un laboratorio remoto en el área de ingeniería eléctrica y electrónica (Andria et al., 2007).

La Universidad Politécnica de Madrid (UPM) cuenta con la plataforma eLab3D permite, a través de Internet en un entorno virtual 3D, el control de los instrumentos típicos de un laboratorio de electrónica V la interacción real. manipulando cables conectando V componentes, con diferentes tarjetas de circuitos electrónicos. Con la intensión de fidelidad emular con bastante las condiciones de un laboratorio real (López et. al., 2014).

Velázquez (2014), presenta un sistema para caracterizar filtros pasivos, utilizando instrumentación virtual, desarrollado en Instituto Superior el Politécnico José Antonio Echeverría. Quienes desde 2003 han desarrollado la instrumentación y un servidor de prácticas de electrónica digital y analógica.

Chatterji et al. (2013) desarrollaron el software en LabVIEW para un laboratorio remoto en el área de instrumentación que permite caracterizar sensores de temperatura LM35, Pt-100 y termistores y es utilizado en Mahamaya Technical University and Gautam Buddh Technical University.

Investigaciones recientes presentan trabajos de instrumentación virtual y laboratorio remoto en aplicaciones en el area de física, electrónica de potencia, entre otros (Olarte, 2012; Li, 2009; Qiong 2011; Zapirain 2014).

En la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, se cuenta con laboratorios en el área de electrónica y control, que son utilizados por los estudiantes en forma presencial, más no remota. Como propuesta inicial se ha desarrollado un programa en LabVIEW 2013 que funcione como instrumento virtual para manipular en forma local y remota al osciloscopio Tektronix TBS 1072B-EDU.

## Comandos Estándar para Instrumentos Programables

El osciloscopio es conectado a una computadora vía el puerto USB y es manipulado desde la computadora a través de comandos SCPI. La interfaz con el usuario es amigable y es lo más parecida posible al instrumento real. Los Comandos Estándar para Instrumentos Programables, SCPI por sus siglas del inglés, Standard Commands for Programmable Instruments, definen una convención para la sintaxis y comandos disponibles para los instrumentos de prueba y medición programables. El estándar proporciona una especificación universal en cuanto a la sintaxis, la estructura del comando y tipos de dato a utilizar con cualquier instrumento de prueba y medición en general. SCPI dispone de comunes/genéricos comandos como CONFigure y MEASure que pueden ser utilizados con cualquier instrumento y están agrupados en subsistemas. Además, SCPI define clases de comandos según el instrumento. Por ejemplo, cualquier fuente de voltaje utiliza la misma clase de funciones base DCSUPPLY. Por lo tanto, la clase del instrumento determina qué subsistema se ha de implementar, así como las funciones específicas del mismo-(Wikipedia, 2015). A pesar de que SCPI fue creado originalmente para funcionar con la interfaz GPIB según la especificación IEE 488, SCPI (estándar IEE 488-2) es también compatible con interfaces como RS-232, Ethernet, USB, VXIbus, entre otras.

#### Arquitectura de Software para Instrumentos Virtuales

La Arquitectura de Software para Instrumentos Virtuales, VISA por sus siglas del inglés Virtual Instrument Software Architecure, es un estándar para configurar, programar y dar soluciones a sistemas de instrumentación incluyendo interfaces como GPIB, VXI, PXI, Serial, Ethernet y/o USB. VISA provee la interfaz de programación hardware entornos entre el V de programación tales como LabVIEW. LabWindows/CVI y Measurement Studio para Microsoft Visual Studio. NI-VISA es la implementación de National Instruments del estándar de entrada/salida de VISA. NI-

VISA incluye librerías de software, utilidades interactivas tales como *I/O Trace* y *VISA Interactive Control*; así como, programas de configuración a través de *Measurement & Automation Explorer* (MAX) para el desarrollo de aplicaciones (National Instrument, 2015).

VISA es una interfaz de programación de aplicaciones de entrada/salida, ampliamente utilizada en el ámbito de prueba y medición, diseñada para comunicarse con cualquier instrumento desde un equipo de cómputo. VISA es un estándar para la industria implementado por múltiples compañías de prueba y medición tales como Agilent Technologies, Anritsu, Bustec, Keysight Technologies, Kikusui, National Instruments, Rohde & Schwarz y Tektronix, entre otras.

#### Metodología

Se presenta la metodología de desarrollo para el instrumento virtual del osciloscopio Tektronix TBS 1072B-EDU que puede trabajarse como control de instrumentos en sitio o en forma remota (figura 1), el hardware utilizado es la computadora local, la computadora remota para acceder a la aplicación desde una página WEB, un cable USB y el osciloscopio.



Figura 1 Diagrama a bloques del instrumento -virtual de acceso remoto para el osciloscopio.

El programa desarrollado en LabVIEW debe primero que nada comunicarse con el osciloscopio físico. La conexión física consiste en conectar el osciloscopio a la computadora mediante un cable USB. El siguiente paso es verificar en el programa MAX en la opción *VISA Test Panel* que es posible controlar con el instrumento mediante comandos SCPI desde la computadora. Por ejemplo: enviar el comando \*IDN? n para que el instrumento se identifique y comprobar la comunicación entre el osciloscopio y el equipo de cómputo.

# Instalación de controladores del osciloscopio

Para realizar la programación en LabVIEW, se pueden utilizar los controladores (drivers) del osciloscopio. Los cuales son un conjunto librerías e instrumentos virtuales de (archivos \*.vi) diseñados específicamente para realizar tareas asociadas al dispositivo o instrumento de interés, que de otra manera el usuario debe programar toda la funcionalidad desde lo más básico. Existen dos métodos de instalar los drivers (controladores) desde el entorno de programación de LabVIEW, adquirirlos del sitio de National Instuments o del fabricante del instrumento. Instalados los controladores es posible iniciar el diseño y construcción del programa para controlar el osciloscopio.

# Diseño del programa en LabVIEW para controlar el osciloscopio

A diferencia de otros instrumentos de prueba y medición, que pueden basar su diseño en una estructura de eventos desencadenados por la acción del usuario, un osciloscopio adquiere una o varias señales mientras realiza mediciones cuando el usuario se lo indica. Estas, y algunas otras funciones debe ejecutarlas de manera continua, ya que es posible que las señales de entrada varíen de un momento a otro. Por esta razón, el diseño fundamental del programa se basa en una arquitectura de máquina de estados que es mantenible, escalable y auto-documentada. La máquina posee dos estados: estado manual y estado *autoset*.

La máquina de estados considera todas las entradas con las que el usuario es capaz de interactuar en la interfaz de usuario del programa para configurar la medición de la señal como: autoset, CH1 on, CH2 on, VRange CH1, VRange CH2, Vposition CH1, Vposition CH2, Hposition, Timebase, Channel, Mtype, Measure, Clear. Así como, los parámetros medidos por el osciloscopio físico. Existen algunas excepciones para el estado autoset, ya que se considera que, al ajustar de manera automática los canales y la base del tiempo del osciloscopio; el usuario únicamente requiere manipular la posición vertical de los canales de entrada.

Una vez que el usuario ajusta las propiedades de cada canal, los cambios se reflejan únicamente en el instrumento físico, así que es imprescindible configurar la forma en que se despliegan las señales en la interfaz de usuario ya que éste espera ver la interfaz de usuario (IU) igual que en el osciloscopio real.

El usuario puede realizar mediciones utilizando un canal o dos canales, el código del programa se muestra en figura 2. El usuario puede desplegar en la IU la señal de entrada del osciloscopio en un canal y medir los parámetros de la señal como frecuencia, amplitud, periodo, offset, etc. Para realizar esta funcionalidad se utiliza el código el LabVIEW de la figura 3.



Figura 2 Caso1: Lectura de la señal por un canal del osciloscopio (izquierda), lectura de señales simultaneas por dos canales del osciloscopio (derecha).



Figura 3. Código de programa para el estado manual osciloscopio TBS 1072-EDU.

#### **Resultados**

A continuación se muestran los escenarios de prueba a los que el instrumento virtual Tektronix TBS 1072B-EDU se somete para validar su funcionamiento en las distintas opciones que puede elegir el usuario. Se utiliza el generador de funciones Tektronix AFG2021 para generar diferentes tipos de señales a medir por el osciloscopio para que el programa las pueda leer y desplegar en pantalla.

#### Escenario 1: Adquirir una forma de onda

En este caso se configura el generador de funciones para generar una señal triangular de 5 Volts de amplitud y una frecuencia de 120 Hertz. La señal se adquiere desde el canal dos y, es el osciloscopio el que se encarga de ajustar las propiedades del canal y la base del tiempo (figura 4). Se ha denominado instrumento virtual al programa realizado en LabVIEW y osciloscopio al osciloscopio real.



Figura 4. Escenario 1: resultados de la adquisición de una forma de onda (izquierda Instrumento virtual, derecha osciloscopio).

# Escenario 2: Adquirir múltiples formas de onda

En este caso se utilizan dos generadores Tektronix AFG2021. Uno de ellos se configura para generar una señal senoidal de 2.4Vp y una frecuencia de 250 kHz, mientras que el otro está configurado para generar una señal cuadrada de 4.5Vp y una frecuencia de 200 kHz. Es importante notar el efecto de la atenuación de la punta en el canal 2 una vez que los resultados de la adquisición se muestran en pantalla, como puede apreciarse en la Figura 5. La atenuación de la punta se resuelve indicando al equipo que la punta esta atenuada.



Figura 5. Escenario 2: resultado de la adquisición de múltiples formas de onda.

## Escenario 3: Adquirir una señal de manera continua y hacer mediciones con el instrumento virtual Tektronix TBS 1072B-EDU

En este caso el generador se configura para crear una señal senoidal de 2.4Vp y una frecuencia de 350 Hz. La señal es adquirida por el canal uno del osciloscopio y se utiliza el instrumento virtual Tektronix TBS 1072B-EDU.vi en su estado manual para configurar las propiedades del canal y la base de tiempo. Utilizando los controles del instrumento virtual, la base del tiempo se fija en 1 ms y el rango vertical del canal uno en 1 V/div. Los valores de configuración para el canal uno, la base del tiempo y amplitud se ven reflejados en el instrumento físico. El instrumento vitual mjuestra algunas mediciones en pantalla como la amplitud, el voltaje pico a pico y la

frecuencia, como se muestra en la Figura 6.



Figura 6. Escenario 3: Adquisición y medición de una señal con instrumento virtual Tektronix TBS 1072B-EDU.vi y con el osciloscopio.

# Escenario 4: Adquirir señales con el instrumento virtual Tektronix TBS 1072B-EDU.vi en estado autoset.

Para este caso también son utilizados dos generadores de funciones que crean una señal triangular de 3Vp a 150 kHz y una señal senoidal de 1.7 Vp a 120 kHz. En este caso se utiliza el instrumento virtual Tektronix TBS 1072B-EDU en estado autoset, las señales son ajustadas automáticamente por el osciloscopio y se despliegan como se muestra en la Figura 7. En el instrumento virtual en cambio, es necesario ajustar la posición vertical de cada canal para que las señales se desplieguen de manera similar al instrumento físico, esto se logra moviendo la referencia de tierra. Las mediciones a las señales; frecuencia, valor máximo y valor mínimo en la señal del canal uno; así como, frecuencia, amplitud y periodo en la señal del canal 2.





# Escenario 5: Panel remoto de instrumento virtual Tektronix TBS 1072B-EDU

Para este caso se generan una señal cuadrada de 5Vp y 120 kHz y, una señal triangular de 2.4Vp a 60 kHz, en dos generadores de funciones arbitrarias distintos. El instrumento virtual **Tektronix TBS 1072B-EDU** es utilizado en su estado *autoset*, sólo que en este caso en particular se controla desde una panel remoto. Para ello, previamente se activaron las herramientas de publicación web y, la dirección URL generada para el instrumento se introduce en la barra de direcciones de cualquier navegador web, Internet Explorer en este caso, tal como se aprecia en la Figura 8.



Figura 8 Escenario 5: panel frontal del instrumento virtual controlado desde panel remoto y señal en el osciloscopio.

En este caso, en la imagen puede observarse que la dirección IP 148.210.138.130 pertenece al equipo de cómputo que hace de servidor (figura 9) y, a su vez, está físicamente conectado al instrumento de prueba y medición, es decir, el osciloscopio.



Figura 9 Escenario 5: panel frontal del instrumento virtual remoto para el osciloscopio TBS 1072B-EDU.

### Referencias

Andria, G.; Baccigalupi, A.; Borsic, M.; Carbone, P.; Daponte, P.; De Capua, C.; Ferrero, A.; Grimaldi, D.; Liccardo, A.; Locci, N.; Lanzolla, A.M.L.; Macii, D.; Muscas, C.; Peretto, L.; Petri, D.; Rapuano, S.; Riccio, M.; Salicone, S.; Stefani, F., (2007),"Remote Didactic Laboratory "G. Savastano," The Italian Experience for E-Learning at the Technical Universities in the Field of Electrical and Electronic Measurements: Overview on Didactic Experiments," in Instrumentation and Measurement, IEEE Transactions on , vol.56, no.4, pp.1135-1147, 10.1109/TIM.2007.899995. Aug doi: http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnu mber=4277000&isnumber=4276996

Chatterji, S.; Shimi, S.L.; Singh, A.K.; Gaur, A. (2013), "Web laboratory in instrumentation engineering for distance education using LabVIEW," in MOOC Innovation and Technology in Education (MITE), IEEE International Conference in , vol., no., pp.240-244, 20-22 Dec. 2013 doi: 10.1109/MITE.2013.6756342 http://ieeexplore.ieee.org/stamp.jsp?tp=&arnu mber=6756342&isnumber=6756292

Gutiérrez, S. M., Ruiz, E. S. C., Ortego, R. G., Tawfik, M., Pesquera, A., De Dios, P. L., ... & Arroba, J. P. (2012). DIEEC (Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Control), UNED. IE Comunicaciones: Revista Iberoamericana de Informática Educativa, (15), 27-36.

Li Pengfei; Nie Luhua, "Remote Control Laboratory Based On LabVIEW," in Intelligent Computation Technology and Automation, 2009. ICICTA '09. Second International Conference on , vol.4, no., pp.84-87, 10-11 Oct. 2009 doi: 10.1109/ICICTA.2009.737.

http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnu mber=5288217&isnumber=5288192

Lopez, S.; Carpeno, A.; Arriaga, J., (2014). "Laboratorio remoto eLab3D: Un mundo virtual inmersivo para el aprendizaje de la electrónica," in Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV), 11th International Conference on, vol., no., pp.100-105, doi: 10.1109/REV.2014.6784234. http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnu mber=6784234&isnumber=6784164

National Instruments VISA, National Instruments, [En línea]. Available: http://www.ni.com/visa/. [Último acceso: 11 Mayo 2015].

Olarte Hernández, T. (2012). Plataforma Web para acceso remoto a instrumentación física avanzada Diseño e implementación. Revista Universidad EAFIT, 46(160), 36-47. Recuperado de http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revistauniversidad-eafit/article/view/753

Orduna, P.; Garcia-Zubia, J.; Rodriguez-Gil, L.; Irurzun, J.; Lopez-de-Ipiña, D.; Gazzola, F., (2012) "Using LabVIEW remote panel in remote laboratories: Advantages and disadvantages," in Global Engineering Education Conference (EDUCON), IEEE , vol., no., pp.1-7, 17-20 April 2012. doi: 10.1109/EDUCON.2012.6201134. http://ieeexplore.ieee.org/stamp.jsp?tp=&arnu mber=6201134&isnumber=6201007.

Qiong Cheng; Bo Fu, "Research and implement of the virtual laboratory of power electronics based on LabVIEW," in Computer Science & Education (ICCSE), 2011 6th International Conference on , vol., no., pp.619-622, 3-5 Aug. 2011 doi: 10.1109/ICCSE.2011.6028715. http://ieeexplore.ieee.org/stamp.jsp?tp=&arnu mber=6028715&isnumber=6028569

Standard Commands for Programmable Instruments, Wikipedia, the free encyclopedia, 25 Marzo 2015. [En línea]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Standard\_Commands\_fo r\_Programmable\_Instruments. [Último acceso: 3 Mayo 2015]

Tektronix, (2011), XYZs of Oscilloscopes, Tektronix, Inc.,. [En línea]. Available: http://info.tek.com/www-xyzs-of-oscilloscopesprimer.html. [Último acceso: 26 Abril 2015].

Velazquez Pupo, Roxana y Valdes Zaldivar, Enrique Ernesto. Sistema para la caracterización de

Filtros	P	asivos	utilizando	Instru	ımentación	Virtual.
2014.	La	Haban	a. EAC [on	line].	vol.35, n.3,	рр. 76-
89		[citac	lo 2015-11-	23],	Disponibl	e en:

<http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\_arttext&pi d=S1815-59282014000300007&lng=es&nrm=iso>. ISSN 1815-5928.