

PROYECTO EN CURSO O TERMINADO

Universidad	Universidad Tecnológica de Pereira
Programa Académico	Ingeniería Electrónica
Nombre del Semillero	Semillero de investigación del programa de ingeniería electrónica
Nombre del Grupo de Investigación (si aplica)	Grupo de investigación en Ingeniería Electrónica
Línea de Investigación (si aplica)	Sistemas Embebidos
Nombre del Tutor del Semillero	Arley Bejarano Martínez
Email Tutor	abejarano@utp.edu.co
Título del Proyecto	Desarrollo de una Práctica de Laboratorio de Circuitos Resistivos Controlado por Medio de una Interfaz Gráfica
Autores del Proyecto	Cristian Escudero Zapata
Ponente (1)	Cristian Escudero Zapata
Documento de Identidad	1088325977
Email	cristian-escuder@utp.edu.co
Ponente (2)	
Documento de Identidad	
Email	
Teléfonos de Contacto	3166416553
Nivel de formación de los estudiantes ponentes (Semestre)	Noveno Semestre
MODALIDAD (seleccionar una- Marque con una x)	PONENCIA <ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigación en Curso</li> <li>• Investigación Terminada (X)</li> </ul>
	PÓSTER <ul style="list-style-type: none"> <li>• Propuesta de Investigación</li> </ul>
Área de la investigación (seleccionar una- Marque con una x)	• Ciencias Naturales
	• Ingenierías y Tecnologías (X)
	• Ciencias Médicas y de la Salud.
	• Ciencias Agrícolas
	• Ciencias Sociales
	• Humanidades
	• Artes, arquitectura y diseño

cristian-escuder@utp.edu.co  
Universidad Tecnológica de Pereira

# **Desarrollo de una Práctica de Laboratorio de Circuitos Resistivos Controlado por Medio de una Interfaz Gráfica**

**Cristian Andrés Escudero Zapata**

## **Resumen**

En este documento se presenta la implementación de un sistema para el desarrollo de prácticas de laboratorio asociada al estudio de circuitos resistivos, a través de una interfaz conectada a un computador, donde el estudiante podrá diseñar distintos tipos de circuitos resistivos, tales como topologías serie, paralelo, estrella, delta y ajustar el valor de las resistencias pertenecientes al circuito, además realizar mediciones de corriente y tensión en cada una de ellas, con el fin de verificar las diferentes leyes que rigen este tipo de sistemas.

## **Palabras clave**

Laboratorio Remoto, topología serie, paralelo, estrella, delta.

## **1. Introducción**

El uso de las tecnologías de la información y la comunicación se hace cada vez más importante en la medida que se desarrollan aplicaciones que permitan su aprovechamiento. Los sistemas automáticos como herramienta de aprendizaje hacen parte de una nueva metodología que toma gran importancia en la actualidad, estos permiten la realización de prácticas de laboratorio ofreciendo ventajas sobre los laboratorios convencionales. La posibilidad de acceder a un sistema tangible y obtener valores de medida reales permite desarrollar un pensamiento crítico acerca de los fenómenos físicos que influyen en el sistema.

A nivel nacional se han propuesto el desarrollado diferentes tipos de laboratorios, como la creación de módulos de física para desarrollar el modelo experimental del fenómeno de difracción de la luz, laboratorios de control, módulos para procesos de manufactura, etc.

## **2. Planteamiento del problema**

[1]. La falta de espacios físicos, el número de grupos de trabajo disponibles en el aula, los cortos espacios en los que el estudiante tiene acceso a estos, así como el alto costo de los instrumentos de medición conlleva a los colegios a no disponer de herramientas en las que el estudiante aplique de forma práctica los conocimientos aprendidos en las clases teóricas y que no se suple con la utilización de simuladores, ya que estos ofrecen datos ideales omitiendo factores físicos que afectan una medición [2]

### **3. Justificación**

Un sistema automático para el desarrollo de prácticas de laboratorio de circuitos resistivos le permitiría a los colegios acceder a prácticas en laboratorios remoto donde los estudiantes puedan poner en práctica los conocimientos adquiridos en las materias teóricas a través de una interfaz gráfica en un computador, que accionará un sistema real, que posee todas las características de un circuito implementado físicamente, permitiendo que el estudiante reflexione acerca de los fenómenos físicos que intervienen, lo que no se obtiene con un simulador debido a las medidas ideales que estos entregan.

### **4. Objetivos**

#### **4.1 Objetivo General**

- Desarrollo de una práctica de laboratorio de circuitos resistivos controlado por medio de una interfaz gráfica.

#### **4.2 Objetivos específicos**

- Diseñar un circuito que permita el cambio de topología circuital de manera eficaz y eficiente.
- Implementar un algoritmo en un sistema microcontrolado que seleccione, controle y mida los diferentes parámetros del circuito.
- Diseñar una interfaz gráfica para el control que permita al usuario controlar los parámetros del circuito y visualizar las distintas medidas.

### **5. Referente teórico**

Este trabajo contiene los resultados obtenidos al desarrollar una interfaz gráfica con la herramienta GUIDE de Matlab® que permite diseñar circuitos resistivos en topologías serie, paralelo, estrella y delta utilizando potenciómetros digitales y relevadores controlados por un microcontrolador PIC16F887. La aplicación también permite realizar mediciones de tensión y corriente eléctrica en las resistencias seleccionadas.

Para el diseño e implementación del laboratorio remoto se usaron una serie de elementos cuya teoría se explica a continuación:

- Laboratorio remoto

Son laboratorios reales a los cuales se accede a través de un servidor que permite la manipulación y toma de datos de fenómenos físicos a través instrumentos de medición conectados a la red.

- Interfaz gráfica

GUI es una herramienta de Matlab® que permite el control de aplicaciones en interfaces gráficas con fácil interacción con el usuario. A través de esta herramienta se desarrolla la interfaz a través de la cual se le envían instrucciones al microcontrolador.

- Microcontrolador pic16f887

El diseño del sistema se basa en el uso del sistema embebido PIC16F887 que cuenta con 368 bytes de memoria RAM, bus de datos de 8 bits. Conversor análogo digital de 10 bits a través de 14 canales, módulo PWM, módulo de comunicación USART y MSSP disponibles a través de 35 pines de entrada y salida lo que lo hace una opción económica, que permite desarrollar la aplicación satisfactoriamente.

- Potenciómetros digitales

Circuito integrado de estado sólido que tiene la capacidad de variar su resistividad a través de una señal digital, se compone de una matriz de elementos resistivos que varía su número dependiendo de su referencia.

- Relevador

Interruptor que, al tener un paso de corriente a través de los terminales de su bobina interna, genera un campo magnético que conmuta el interruptor.

## 6. Metodología

El objetivo de este proyecto es el desarrollo de una práctica de laboratorio de circuitos resistivos controlado por medio de una interfaz gráfica, está solucionaría una gran cantidad de problemas que se evidencian en los colegios del país, para lograr el objetivo general se plantea una metodología estructurada la cual se realiza en diferentes etapas

- Se diseña un circuito que permita el cambio de topología circuital de manera eficaz y eficiente, para esto, se realiza un estudio para determinar los elementos que mejor se adapten a la aplicación, el sistema embebido usado es el microcontrolador PIC16F887 debido a que posee módulos que soportan SPI, pines GPIO de propósito general y es accesible a un bajo costo, se seleccionó el potenciómetro digital X9C103 ya que con este es posible representar valores de resistencia desde 0 a 100KΩ. La selección del

amplificador de instrumentación AD620 se hizo basados en su alta impedancia de entrada, rechazo en modo común y alta ganancia lo que permite trabajar con valores de tensión en el rango de mV.

- Se diseña e implementa el circuito que permite el cambio de topología circuital usando los elementos seleccionados, se comprueba manualmente que las resistencias equivalentes en las topologías, serie, paralelo, estrella y delta correspondan con los valores teóricos. Una vez corroborado esto se aplica la fuente de voltaje y se verifican los valores de tensión y corriente en los elementos.
- Se implementa un algoritmo en un sistema microcontrolado que seleccione, controle y mida los diferentes parámetros del circuito, para esto se implementa un algoritmo en el microcontrolador PIC16F886 que comunique con la interfaz en Matlab<sup>®</sup> y dependiendo de las instrucciones recibidas, se realice físicamente la selección de circuito, el ajuste del valor de los elementos y la toma de datos de tensión y corriente como se ilustra en el diagrama de la figura 1.

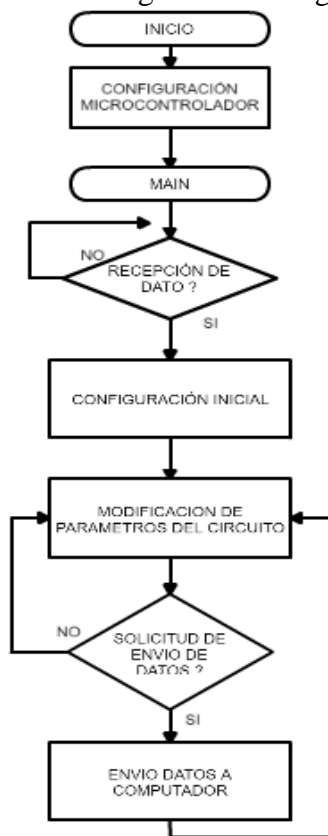


Figura 1. Diagrama flujo algoritmo microcontrolador.

- Se diseña una interfaz gráfica para el control que permita al usuario controlar los parámetros del circuito y visualizar las distintas medidas, la figura 2. Contiene el diagrama de flujo que explica de manera simplificada el funcionamiento de la interfaz realizada en Matlab ®, esta permite de manera sencilla configurar las topologías circuitales y tomar mediciones en cada elemento que componga el circuito.

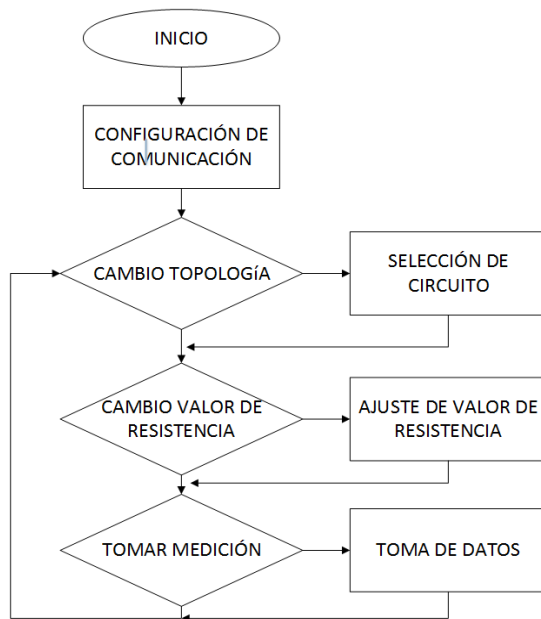


Figura 2. Diagrama de flujo funcionamiento interfaz gráfica.

## 7. Resultados Obtenidos

A continuación, se presenta la construcción del circuito diseñado, explicando en detalle su estructura, funcionamiento y los resultados obtenidos.

En la figura 3. Se observa el diagrama de bloques correspondiente a la conexión circuital, a través de los pines GPIO de propósito general se controlan los relevadores que hacen variar la topología circuital. Los multiplexores seleccionan los nodos entre los cuales se desea medir la diferencia de potencial y a su vez el Amplificador de instrumentación AD620 referencia la tensión medida respecto a tierra lo que hace posible que el ADC del microcontrolador realice las mediciones correctas.

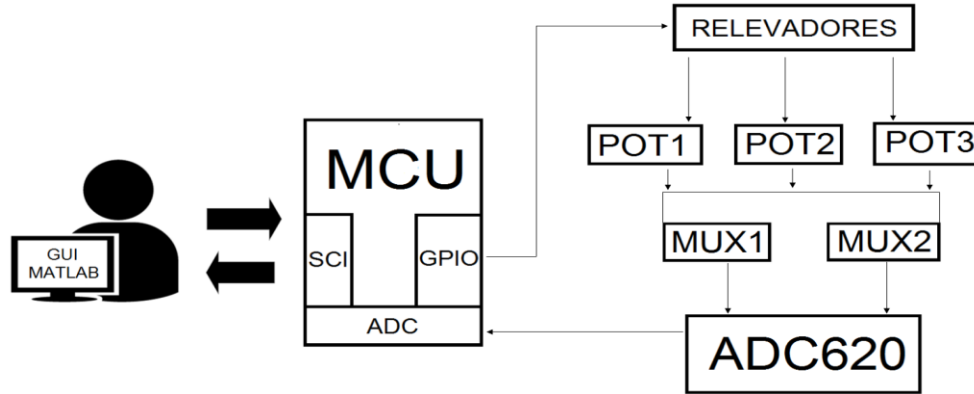


Figura 3. Diagrama de bloques de la aplicación.

Se realiza primero una configuración inicial, seleccionando el puerto del computador al que se desea conectar el sistema y la velocidad de transmisión en la comunicación serial, una vez realizado esto es posible configurar el circuito resistivo. Primero se selecciona la topología circuital deseada, posteriormente se ajusta el valor de cada resistencia. Una vez configurados estos parámetros se realizan las mediciones de tensión y corriente en cada elemento del circuito a través del botón “OK”. Dado que la implementación de las resistencias se hace a través de potenciómetros digitales se debe tener claridad sobre los valores posibles que puede tomar cada resistencia, ya que los potenciómetros trabajan desde el valor mínimo  $1\Omega$ , al máximo  $10K\Omega$  en pasos de  $100\Omega$  por lo que solo es posible tener valores múltiplos de 100 en este rango.

En la figura 4 se observa el funcionamiento de la aplicación, donde se selecciona el COM1 del computador, la topología de circuito paralelo, se seleccionan diferentes valores de resistencia para los tres elementos y se realizan mediciones de tensión y corriente. Una vez se verifica el correcto funcionamiento de la aplicación, con el fin de garantizar repetibilidad y obtener una correcta medición se calibra el sistema, para esto se realiza una toma de datos, se registran mil mediciones para cada valor de resistencia posibles en los tres potenciómetros digitales.

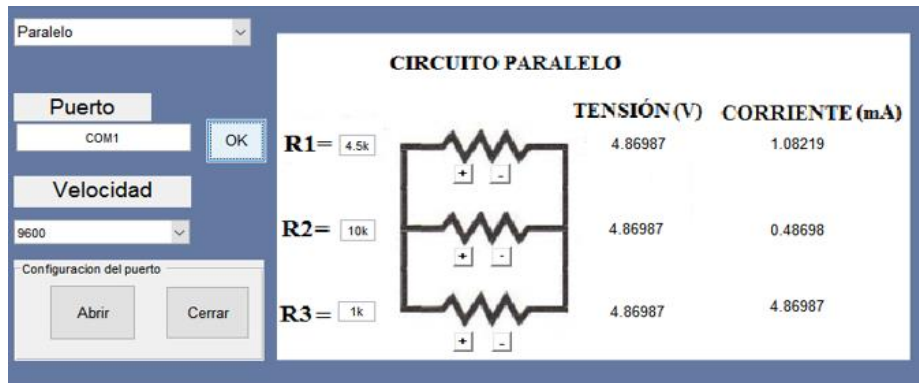


Figura 4. Topología Paralelo

Con los datos obtenidos se aplica el método de mínimos cuadrados usando la herramienta de Matlab® Curve Fitting Toolbox™, se obtiene un polinomio de primer grado que representa la ecuación característica de cada elemento, obteniendo para cada elemento resistivo, las ecuaciones 1, 2 y 3 respectivamente.

$$R1_{(x)} = 1.08X - 0.05152 \quad (1)$$

$$R2_{(x)} = 1.07X + 0.01033 \quad (2)$$

$$R3_{(x)} = 1.078X - 0.08161 \quad (3)$$

Se realiza nuevamente la toma de mil valores para cada uno de los 100 valores posibles en cada resistencia, implementando las ecuaciones calculadas, obteniendo el siguiente error.

$$Erms = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=0}^n (\text{Valor teorico} - \text{Valor medido})^2} = 0.203V$$

## 8. Discusión

El uso de laboratorios remotos permite a las instituciones académicas acceder a prácticas de laboratorio reales evitando los altos costos de construir laboratorios con elementos de medición elevados el estado del arte evidencia la gran variedad de prácticas de laboratorio desarrolladas en esta modalidad para niveles de pregrado y postgrado pero es necesario dar un enfoque a los temas vistos a nivel de básica secundaria, este proyecto se desarrolla un sistema de bajo costo que permite el desarrollo de prácticas de laboratorio de circuitos resistivos.



## 9. Conclusiones

- El Error RMS de 0.203V hace que el sistema tenga un comportamiento similar a un montaje de circuito resistivo realizado en protoboard, gracias a esto el estudiante puede realizar un análisis de los fenómenos ocurridos al realizar montajes tangibles considerando las leyes físicas que rigen los circuitos eléctricos.
- La facilidad que proporciona al alumno el sistema automático para medición permite agilizar el proceso de aprendizaje de teoría de circuitos básicos, ya que se eliminan los errores asociados al mal montaje circuital.
- Al ser los potenciómetros digitales elementos no lineales se obtienen valores poco precisos, debido a esto es necesario aplicar un método que garantice repetibilidad y precisión en el sistema, para este caso se utiliza de mínimos cuadrados, ya que este permite estimar un modelo lineal que garantice el mínimo error posible.

## 10. Impactos

**Social:** Permitirá a los estudiantes de colegios con educación básica secundaria que no poseen los suficientes recursos para la construcción de un laboratorio acceder a prácticas de circuitos resistivos en un ambiente controlado que complementará las clases teóricas vistas.

**Económico:** El sistema se desarrolló usando elementos de bajo costo disponibles en la región, por lo que el precio de acceso a este sería bajo comparado con el precio necesario para construir un laboratorio.

**Ambiental:** El sistema permite un ambiente controlado para el desarrollo de prácticas de laboratorio, evitando que los estudiantes dañen elementos de medición como multímetros, que al ser desarrollados con elementos semiconductores generan desechos que requieren un fuerte control al ser desechados.

## 11. Bibliografía

- [1]. Morales, «Laboratorios Remotos en Sistemas Embebidos,» *Nuevas Ideas en Informática Educativa TISE*, pp. 450-453, 2015. A
- [2]. C Salzman, D Gillet, «Smart device paradigm Standardization for Online Labs,» *IEEE computer society*, vol. 4, 2013.
- [3]. R. Zamora, «Laboratorios remotos: Actualidad y tendencias futuras», *Scientia et Technica*, 2012.
- [4]. L. Pamplona, «Desarrollo de un módulo para un laboratorio de física controlado de manera remota,» Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira, 2014.
- [5]. L.M Jiménez, O. Reinoso, R. Puerto, «Laboratorios Remotos para las prácticas de ingeniería de sistemas y automática.,» 2012. [En línea]. Available: <http://arvc.umh.es/documentos/articulos/UMH-LaboratoriosRemotos03.pdf>. [Último acceso: 31 01 2017].
- [6]. M. d. R. Salazar, «Diseño de un laboratorio remoto de robots y procesos de manufactura industriales,» *Epistemus*, pp. 48-56, 2013.
- [7]. Xicor, «Datasheet Catalog,» 2017. [En línea]. Available: [http://www.datasheetcatalog.com/datasheets\\_pdf/X/9/C/1/X9C103.shtml](http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/X/9/C/1/X9C103.shtml).
- [8]. Cesar Augusto Rangel, Rafael Antonio Chacón, «Desarrollo de un laboratorio para microcontroladores con opción de acceso remoto,» *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*, vol. 1, n° 19, pp. 136-139.
- [9]. E. Unicrom, «Unicrom,» 2016. [En línea]. Available: <http://unicrom.com/rele-relay-relevador-interruptor-operado-magneticamente/>.
- [10]. Microchip, «Datasheet pic16f882/883/884/886/887,» 2007. [En línea]. Available: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/41291D.pdf>.