

# Implementación de un Laboratorio Virtual para el Estudio de Dispositivos Electrónicos

Carlos Andrés Ibarra B.<sup>1</sup>, Sebastián Medina S.<sup>2</sup>, Álvaro Bernal N.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Universidad del Valle. Colombia.

<sup>2</sup>Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Universidad del Valle. Colombia

<sup>3</sup>Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Universidad del Valle. Colombia

## Resumen

El presente artículo presenta la implementación de un laboratorio virtual para que a través de Internet cumpla con objetivos pedagógicos en el estudio de los dispositivos electrónicos básicos usados en la enseñanza de la electrónica en las Universidades. Se desarrolla un sistema hardware, en el cual se encuentran diversos montajes de los dispositivos electrónicos básicos y todo el sistema de selección, adecuación y adquisición de las señales de estos montajes. Para llevar a cabo este proceso, se ha utilizado un microcontrolador, el cual interactúa con el equipo servidor mediante un puerto serial y al que le permite transmitir la totalidad de los datos adquiridos de las señales de los dispositivos. La visualización de los datos al estudiante se realiza mediante gráficas en Java, montadas en el equipo servidor por medio de una página Web con manejo de bases de datos que permita el control de acceso y la interacción entre el estudiante usuario del laboratorio virtual y el docente encargado de éste. Esta página Web posee el enlace a los Applets y Servlets encargados de capturar los parámetros que serán entregados a la tarjeta microcontrolada y la interfaz para la visualización de los datos retornados.

*Palabras clave:* Laboratorio Virtual, Applets, Servlets, microcontrolador.

## 1. Introducción

Teniendo en cuenta que Internet posee el protocolo de interconexión de redes IP más utilizado en el mundo actual al ser un medio de comunicación pública, cooperativa y accesible y que su principal servicio es la denominada World Wide Web (WWW), se ha pensado en desarrollar un sistema que permita a los estudiantes de las Universidades interactuar con el Hardware de los laboratorios de sus materias por medio de esta poderosa herramienta.

La WWW utiliza la estructura de comunicación existente en Internet y comparte protocolos de comunicaciones comunes, estándares y otras notaciones

de protocolos de comunicación que permiten el acceso universal a los servicios de información presentes en la Web a través del llamado modelo de cliente-servidor, esto es, mediante la conexión remota entre una red de ordenadores o máquinas llamadas servidores, y los ordenadores clientes.

Las ventajas del uso de los laboratorios virtuales en la educación son muchas, dentro de las cuales se encuentran que los estudiantes experimenten libremente sobre dispositivos reales sin necesidad de estar físicamente en un laboratorio realizando las mediciones respectivas en el hardware. El estudiante puede acomodar libremente su horario para realizar la práctica, además de ahorrar tiempo en tareas previas a realizar en el laboratorio tradicional, que es el tiempo de desplazamiento al aula en la universidad, tiempo en la compra de los materiales para realizar la práctica y tiempo en el montaje del circuito.

Además se brinda más seguridad y confianza en la experimentación, debido a que se tienen los recursos disponibles en todo momento para resolver sus dudas y reforzar conclusiones.

Este proyecto es, además, un aporte tecnológico específicamente a la Universidad del Valle en la materia "Dispositivos Electrónicos" en el desarrollo de aplicaciones en hardware y software para la solución de inconvenientes que puedan ocurrir en las instalaciones de los laboratorios. Con esto se logra mejorar los espacios disponibles en los salones asignados pues los estudiantes no tendrán necesidad de asistir personalmente al desarrollo de su práctica de laboratorio. Finalmente, con el laboratorio virtual existe una menor demanda en reposición de materiales de experimentación.

## 2. Marco teórico

### 2.1. Antecedentes

El avance de las investigaciones en aspectos como el desarrollo de laboratorios virtuales o interactivos es un

campo medianamente explorado en la actualidad. Los alcances logrados han utilizado herramientas de Internet y programación los cuales son campos que avanzan progresivamente con la tecnología tanto software como hardware. Por lo anterior es necesario diseñar cada vez nuevas y mejores aplicaciones vía WEB.

Actualmente a nivel mundial existe un aumento en el desarrollo de laboratorios virtuales con el objetivo de cubrir las deficiencias de los cursos tanto a distancia como presenciales. A continuación se reseñan algunos de estos trabajos.

Hong Shen y asociados [3] presentan el desarrollo de un laboratorio interactivo en línea que permite la educación remota a través de Internet. Este laboratorio puede ser utilizado eficientemente tanto a distancia como a nivel presencial. Para esto, desarrollaron nuevos programas que fueron combinados con equipos de medida comercial. En su trabajo describen una aplicación para la caracterización de semiconductores, construida en base a programas como LabView, Java y C++.

Rohrig y asociados [4] presentan un laboratorio virtual que ha sido construido con la colaboración de tres universidades alemanas. Las prácticas desarrolladas están orientadas a los cursos de control. Utilizan las capacidades de los navegadores comerciales y el lenguaje Java para construir los demás componentes necesarios para el telecontrol. Como complemento, el estudiante puede ejecutar archivos de audio y videos. La aplicación presentada en este trabajo es el control de los movimientos de un robot.

Wagner y asociados [5] orientan sus esfuerzos en un laboratorio virtual para el desarrollo de prácticas de control discreto en estudiantes de ingeniería eléctrica. Estas prácticas incluyen un sistema de audio y video que muestra en tiempo real, los efectos de sus acciones. En adición, se desarrollaron programas en Java que le proveen al estudiante los conceptos teóricos y modelos gráficos de los controladores que pueden ser implementados en las prácticas.

Tzeng presenta en su trabajo un laboratorio virtual de maquinas eléctricas [6]. En su trabajo, Tzeng utiliza los conceptos de sistemas expertos para implementar un agente pedagógico virtual. Este agente posee la experiencia de un educador experto en el tema y puede guiar, evaluar y corregir al estudiante en el desarrollo de la práctica de laboratorio. Este laboratorio ha sido construido con herramientas de realidad virtual combinadas con Java.

A nivel local, en la Universidad del Valle se han desarrollado laboratorios virtuales como trabajos de grado en el plan de Ingeniería Electrónica, dentro de los cuáles se encuentran los siguientes:

Luís Anibal Rodríguez [7] desarrolló un “Sistema de Monitoreo y Control electrónico remoto vía Internet basado en lenguaje Java”. En este trabajo se plantea una estrategia novedosa para la implementación de un laboratorio basado en la Web orientado a la enseñanza de la electrónica programable. Con base en esta estrategia, se diseñó y construyó un sistema software que con ayuda de hardware existente se permite la integración de un laboratorio de electrónica programable a la Web.

Miguel Barreto y Julián Florez [8] desarrollaron como trabajo de grado un laboratorio virtual para la experimentación remota sobre una plataforma Servo Motor, bajo la dirección de Humberto Loaiza y Eval Bacca. Se implementó un sistema que permite desarrollar una serie de prácticas de laboratorio sobre una planta servomotor mediante la experimentación remota a través de Internet que posibilita ejecutar estas acciones básicas de control.

## 2.2. Laboratorios de Dispositivos Electrónicos

### Transistor BJT

El transistor BJT es un dispositivo de tres terminales que se utiliza principalmente para amplificar la porción de la señal aplicada que varía con el tiempo. El dispositivo se compone de tres capas alternas de material semiconductor. La capa central es más delgada que las otras dos ya que de esta forma los portadores la atraviesan fácilmente cuando pasan de los terminales colector a emisor. El terminal emisor es la fuente de la mayor parte del flujo de portadores. El terminal colector almacena la mayor parte del flujo de portadores. El terminal base del otro terminal se escogió porque era la base de la estructura original. Estos transistores poseen tres configuraciones de uso específicos. Una primera configuración llamada *Base Común*, donde la base es común tanto al terminal de Emisor como al terminal del Colector. La segunda configuración de este dispositivo se llama *Emisor común*, donde la unión base – emisor se encuentra en polarización directa. La última configuración se le denomina *seguidor emisor*, empleada para acoplar impedancias. La unión base – emisor se encuentra sometida a polarización directa [9].

### Transistores de efecto de campo

Los transistores de efecto de campo son dispositivos con tres terminales en los que la corriente principal se controla mediante un voltaje. Las características principales son:

1. La potencia de control es nula, es decir, no se absorbe corriente por el terminal de control.
2. Una señal muy débil puede controlar el dispositivo.

3. La tensión de control se emplea para crear un campo eléctrico.

Hay dos familias de transistores de efecto de campo: los JFET y los MOSFET. Pese a que el concepto básico de los FET se conocía ya en 1930, estos dispositivos sólo empezaron a fabricarse comercialmente a partir de la década de los 60. Y a partir de los 80 los transistores de tipo MOSFET han alcanzado una enorme popularidad [10].

Comparados con los BJT, los transistores MOS ocupan menos espacio, es decir, dentro de un circuito integrado puede incorporarse un número mayor. Además su proceso de fabricación es también más simple. Además, existe un gran número de funciones lógicas que pueden ser implementadas únicamente con transistores MOS (sin resistencias ni diodos). Esto ha hecho del transistor MOS el componente estrella de la *electrónica digital*.

#### **Diodo rectificador**

Un diodo es un elemento de dos terminales cuya característica tensión-corriente no es lineal. En una situación ideal, este dispositivo se comporta como un interruptor común, conduciendo solamente en una dirección.

El diodo puede sufrir tanto polarización inversa como directa. En la polarización inversa, se observa que a través del diodo fluye una pequeña corriente, denominada de fugas o corriente inversa de saturación del diodo. Esta corriente es muy pequeña, pero aumenta con la temperatura, por lo tanto la resistencia inversa del diodo disminuye con la temperatura. En la Polarización directa, se conecta la fuente de tensión al diodo de forma que el potencial negativo este unido al cátodo y el positivo al ánodo se dice que el diodo está en polarización directa. Al aplicar esta tensión el diodo conduce.

Existen modelos y tipos diferentes de diodos semiconductores que actualmente están disponibles en el mercado, como: Diodos rectificadores de toda la gama de potencias, con encapsulado individual o en puente. - Diodos de señal de uso general. - Diodos de conmutación. - Diodos de alta frecuencia. - Diodos estabilizadores de tensión. - Diodos especiales

#### **Diodo Zener**

Este dispositivo es un tipo especial de diodo que diferencia del funcionamiento de los diodos comunes, como el diodo rectificador, el diodo Zener siempre se utiliza en polarización inversa. La principal aplicación que se le da al diodo Zener es la de regulador. Un regulador con zener ideal mantiene un voltaje fijo predeterminado a su salida, sin importar si varía el

voltaje en la fuente de alimentación y sin importar como varíe la carga que se desea alimentar con este regulador.

### **2.3. Java para el ambiente Web**

El auge de los laboratorios virtuales es paralelo al desarrollo lenguajes de programación y herramientas para la creación de páginas Web dinámicas y aplicaciones cliente-servidor con un alto contenido gráfico. Uno de los principales lenguajes de programación que es utilizado para este fin es JAVA, junto con sus herramientas Servlets y Applets.

Java permite abrir una conexión a una página Web, u otra aplicación Internet, leer y escribir datos, lo cual se logra gracias a las facilidades que brindan sus bibliotecas de clases, las cuales incluyen comunicaciones de red, lo que lo convierte en un lenguaje también orientado a aplicaciones cliente-servidor. Al ser su ambiente natural el de Internet por un lado, y por el otro, la diversidad de aplicaciones y servicios que se pueden prestar, especialmente de carácter de transacciones comerciales bajo la modalidad de comercio electrónico, se requiere que brinde un fuerte modelo de seguridad, ya que por ejemplo los virus pueden atacar tanto a programas como a contenidos y dispositivos físicos o los delitos informáticos vulnerarían los sistemas en general.

Cuando se utiliza un navegador compatible con Java, se pueden ejecutar Applets sin temor a modificaciones, infecciones por virus o accesos indebidos. La ejecución de este tipo de programas está limitada a un entorno específico de Java, sin tener acceso a otras partes del computador donde se ejecuten. Esta característica es quizás la más importante y que hace de Java un lenguaje natural para desempeñarse en aplicaciones en la Web.

### **3. Desarrollo del Hardware**

La función del hardware desarrollado para el laboratorio virtual es proveer todos los elementos necesarios para la adecuación, control y adquisición de las señales de los circuitos de los laboratorios por parte del microcontrolador.

Esta etapa se compone de 3 bloques funcionales:

*Bloque del microcontrolador:* Encargado de la selección, establecimiento de variables, adquisición de señales, recepción y transmisión desde y hacia el servidor.

*Bloque de establecimiento de variables:* Las variables que se le pueden entregar al laboratorio virtual dependiendo del tipo de montaje que se haya seleccionado son: valor de fuente de voltaje V1, valor

de fuente de voltaje de V2, valor de la amplitud y frecuencia de la señal senoidal para los circuitos de aplicación general.

*Bloque de selección y adecuación de señales:* Se encarga de seleccionar las señales necesarias para la correcta graficación de lo que el estudiante haya solicitado (caracterización de dispositivo u obtención de señal AC de un circuito), y su posterior tratamiento de filtrado para la eliminación de ruido y niveles de DC indeseados y ajuste de la escala de conversión del ADC (*Analog to Digital Converter*) del microcontrolador, la cuál es entre 0 y 5 volts.

La figura 1 muestra el diagrama de bloques de la tarjeta microcontrolada:

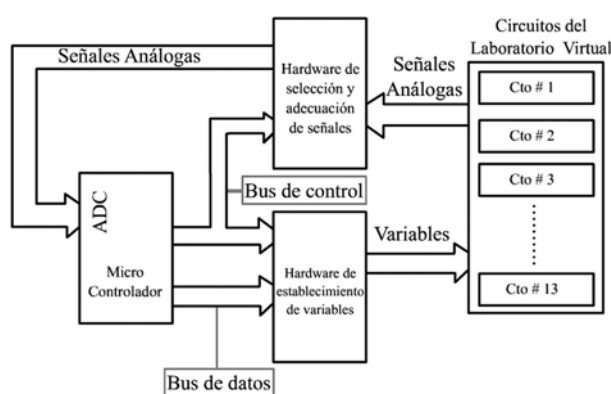


Figura 1. Diagrama de bloques funcional de la tarjeta microcontrolada.

### 3.1. Montajes del laboratorio virtual

El laboratorio virtual consta de un total de 13 circuitos, algunos son para la caracterización del dispositivo y otros de una aplicación general. Los circuitos son los siguientes [11]:

- Transistor BJT:
  - Emisor común (Aplicación general y caracterización).
  - Colector común (Aplicación general y caracterización).
  - Base común (Aplicación general y caracterización).
- Transistor JFET:
  - Circuito de caracterización. (Caracterización).
  - Fuente común (Aplicación general).
  - Dreno común (Aplicación general).
- Transistor MOSFET:
  - Circuito de caracterización (Caracterización).

- Amplificador de autopolarización (Aplicación general).
- Diodo rectificador:
  - Circuito para caracterización (Caracterización).
  - Recortador paralelo (Aplicación general)
  - Recortador serie (Aplicación general).
- Diodo zener:
  - Circuito regulación. (Caracterización).
  - Circuito recortador doble nivel. (Aplicación general)

Para los circuitos de aplicación general se realiza la aplicación de una señal senoidal de amplitud y frecuencia variable. En los circuitos de Caracterización se escoge el valor de las fuentes de DC.

### 3.2. Microcontrolador

El microcontrolador es el “cerebro” del hardware. Se escogió el PIC18F4455 debido a que cumple con los requerimientos principales del proyecto, como son: un módulo de comunicación con el servidor, el cuál es un USART que proporciona una interfaz de puerto serial; posee suficientes puertos que serán usados como el bus de datos y de control; posee un ADC para la captura de las señales análogas.

### 3.3. Establecimiento de variables

El usuario del laboratorio virtual tiene hasta 4 variables para controlar en los montajes.

Se tienen 2 fuentes de voltaje de 0 a 10 volts. Algunos circuitos poseen solo una alimentación, pero para otros se es necesario que se manejen 2 fuentes, como por ejemplo los circuitos del transistor del BJT y algunos de caracterización. Estas fuentes son implementadas con DAC's (*Digital to Analog Converter*), específicamente el DAC0808.

Para la aplicación de la señal senoidal, se utiliza el generador de señales integrado XR2206. Este integrado permite la variación de la amplitud de la señal y de su frecuencia mediante resistencias, las cuales se han implementado con potenciómetros digitales, de la serie X9C10x.

### 3.4. Selección y adecuación de señales

Se tiene un total de 17 señales a muestrear, tanto de tipo AC como DC. Estas señales se deben de multiplexar para el acceso al ADC porque este no posee tantos

canales de conversión. Para este fin se utiliza el multiplexor analógico integrado CD4051.

Una vez la señal deseada es seleccionada, se procede a hacerle un filtrado y una adecuación de amplitud y de offset (este es para las señales de tipo AC), para que quede dentro del rango de 0 a 5 volts y con una buena resolución para mayor precisión en el momento de la conversión por parte del ADC embebido que tiene el microcontrolador.

La figura 2 muestra el diagrama de bloques de la selección y adecuación de señales:

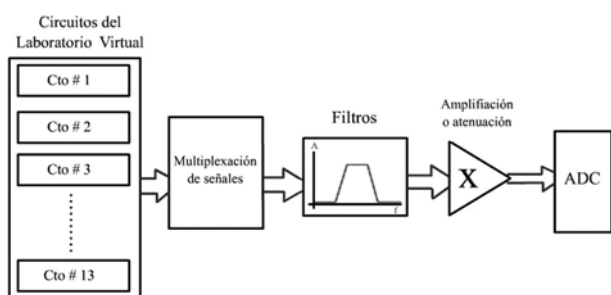


Figura 2. Diagrama de bloques de la selección y adecuación de señales.

#### 4. Desarrollo del Software

Las funciones del software del laboratorio virtual son las siguientes:

- Visualización mediante una interfaz gráfica al estudiante del laboratorio virtual.
- Presentar las diversas opciones por medio de una página Web que ofrecen los circuitos de los laboratorios para su manipulación.
- Visualizar los resultados de la interacción del usuario con los circuitos del laboratorio virtual.
- Gestionar el acceso y demás elementos relacionados con el laboratorio virtual por medio de una página Web y una base de datos.
- Realizar la comunicación de la tarjeta con los circuitos y el servidor para la transmisión de datos.
- Realizar el control, captura y transmisión de los datos de los circuitos del laboratorio virtual. Esta parte de software será implementada por medio del microcontrolador.

##### 4.1. Tramas de comunicación

Una parte del laboratorio virtual es la transmisión de datos entre el servidor y el microcontrolador. Es necesario tener una estructura de trama completa y sencilla donde se envíe al microcontrolador las funciones requeridas por el usuario, y una estructura de

trama de respuesta que envíe la cantidad suficiente de datos para poder ser graficadas las señales del circuito escogido de manera completa.

La trama que se envía desde el servidor hacia el microcontrolador con los parámetros de los usuarios es la siguiente:

|   |    |    |      |      |      |      |   |
|---|----|----|------|------|------|------|---|
| H | V1 | V2 | Ampl | Frec | #cto | chek | H |
|---|----|----|------|------|------|------|---|

Figura 3. Trama enviada por el servidor.

Los campos se explican a continuación:

**H:** Este es el Header. Es una secuencia de datos que se utiliza para indicar el inicio y fin de la trama. El valor del header es “7e”.

**V1:** Esta es el valor de la fuente V1. Es un número que va entre 0 y 255, proporcionales de 0 a 10 Volts.

**V2:** Esta es el valor de la fuente V2. Es un número que va entre 0 y 255, proporcionales de 0 a 10 Volts.

**Ampl:** Este es el valor proporcional de la amplitud de la señal senoidal de algunos de los circuitos. La amplitud de esta onda depende del tipo de circuito. El valor contenido en este campo va desde 0 a 100, los cuales son la cantidad de pulsos que puede ser programado el potenciómetro digital.

**Frec:** Esta es la frecuencia de la señal senoidal. Igual que la amplitud, el valor en este campo va desde 0 hasta 100.

**#cto:** Este es el código de la operación a realizar en el circuito que se ha escogido.

**chek:** Este es el checksum. Se realiza con todos los campos menos con los headers.

Para la respuesta, se envía una trama que contiene la trama de petición original, más 5 bloques de 256 bytes cada uno. En estos bloques van los valores de las señales muestreadas, en la cantidad requerida según el tipo de circuito. Esta división de bloques se realiza porque la memoria de datos del microcontrolador está dividida en bloques de 256 bytes.

|     |      |      |      |      |      |
|-----|------|------|------|------|------|
| Trm | Blq1 | Blq2 | Blq3 | Blq4 | Blq5 |
|-----|------|------|------|------|------|

Figura 4. Trama de respuesta del microcontrolador.

## 4.2. Software del microcontrolador

El programa del microcontrolador esta definido por una máquina de estados, donde se realiza de manera completa toda la gestión de los montajes del laboratorio virtual hasta la transmisión de los datos de respuesta.

La máquina de estados es la siguiente:

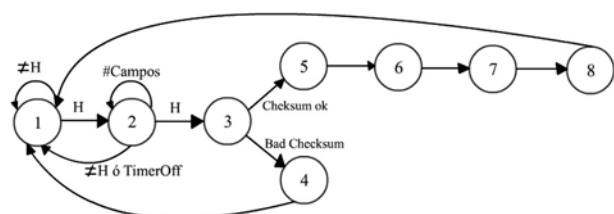


Figura 5. Máquina de estados del microcontrolador

Los estados se describen a continuación:

**Estado 1:** Este estado es el que espera la llegada del header de inicio de la trama.

Mientras no llegue el header no pasa al siguiente estado.

**Estado 2:** Este estado tiene un contador, el cual cuenta los campos recibidos hasta el header de finalización de trama. En total son 8 campos. Si el 8º campo no corresponde con el header de finalización de trama, se retorna al estado 1, de lo contrario se pasa al estado 3. En el caso de que por cualquier motivo se pasen los campos de manera incompleta, y para no dejar la máquina de estados bloqueada aquí, este estado activa un Timer que en el caso de vencerse reinicia la máquina de estados.

**Estado 3:** Este estado realiza la comprobación del checksum. Si el checksum es incorrecto se pasa al estado 4, si el checksum esta bueno se pasa al estado 5.

**Estado 4:** Se llega a este estado en el caso de que el checksum este malo. Se retorna al estado 1.

**Estado 5:** Este estado lo que hace es establecer todas las variables que llegaron en la trama, los voltajes de la fuente V1 y V2, la amplitud de la señal senoidal y la frecuencia de la señal senoidal.

**Estado 6:** Este estado es el más importante de todos. Es el encargado de adquirir los datos de las diferentes señales que se deban de muestrear dependiendo del circuito que se haya escogido y la operación a realizar (caracterización o aplicación de la señal senoidal).

**Estado 7:** Este estado es el que se encarga de organizar la trama de respuesta con los datos muestreados y enviarla de nuevo al servidor.

**Estado 8:** Se restablecen todas las variables del laboratorio virtual a 0 y se reinicia la máquina de estados.

## 4.3. Comunicación cliente-servidor

Para el cliente o estudiante, su forma de interacción con el laboratorio virtual será mediante una GUI (*Graphic User Interface*) de Java, específicamente un Applet.

Se escogió el lenguaje Java por ser orientado a objetos y multiplataforma, es decir, no requiere un sistema operativo específico para poder funcionar debido a que utiliza una “máquina virtual” que es completamente independiente de la plataforma. Además el uso de los componentes Java estándar es gratuito, no requiere licencia, lo que hace que actualizaciones y mejoras al laboratorio virtual no impliquen obligatoriamente costo alguno en licencias.

La interacción de aplicaciones Java con servidores o aplicaciones remotas se pueden hacer de varias formas. Una de ellas es utilizar las librerías estándar que trae de redes (java.net), abrir un *socket* ó puerto y crear flujos de entrada y salida. Esta solución aunque aparentemente es sencilla va en contra con las políticas de seguridad de muchos sistemas operativos y de redes en general. Los *firewall* al detectar que se abre un puerto no seguro, rechazan la conexión impidiendo la comunicación.

La solución que se ha escogido para el laboratorio virtual es la de utilizar el protocolo HTTP y el puerto que el *web browser* se ha encargado de abrir para transmitir la información. Esto se conoce como “*HTTP tunneling*”. Todos los datos que van hacia el servidor por parte del Applet que ha ejecutado el estudiante en comunicación con el laboratorio virtual son procesados como peticiones GET o POST, propias del protocolo HTTP.

Del lado del servidor, se encuentra un Servlet, el cuál es el encargado de procesar estas peticiones y de enviar las respuestas. Un servlet es un módulo que extienden los servidores orientados a petición-respuesta, como los servidores web compatibles con Java. Este servlet además utiliza el paquete *javax.comm*, encargado de la comunicación por el puerto serial con la tarjeta microcontrolada.

## 4.4. Pagina Web

La página Web desarrollada cumple con 3 propósitos fundamentales.

- Controlar el acceso de estudiantes al laboratorio virtual.
- Ser un medio de comunicación entre el docente y los estudiantes.
- Ofrecer toda la documentación de soporte y enlaces hacia páginas que puedan ayudar a

comprender los conceptos y los objetivos pedagógicos que tiene el laboratorio.

Para cumplir con estos 3 propósitos la página desarrollada debe ser de tipo dinámica, que ofrezca una interfaz agradable a los estudiantes como al docente. El lenguaje de programación utilizado para este fin es PHP, junto con la base de datos MySQL logra cumplir con los objetivos propuestos.

Se muestra la página de bienvenida del laboratorio virtual en la figura 6:

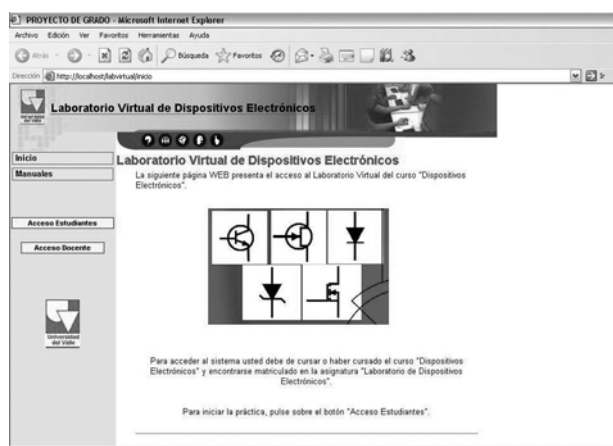


Figura 6. Pagina Web de bienvenida laboratorio virtual.

Desde la página de inicio se tienen 2 opciones de acceso: para el estudiante y para el docente. Para el acceso del estudiante, su login es el código que se le asigna a todo estudiante de la Universidad del Valle, y su contraseña de acceso por primera vez es también el código, contraseña que puede ser cambiada una vez se ingrese a la modificación de su perfil.

El estudiante tiene las siguientes opciones como usuario del laboratorio virtual:

- Leer los mensajes enviados por el docente con la fecha que fue publicado.
- Leer los manuales y enlaces Web de interés publicados por el docente para el desarrollo de las prácticas.
- Enviar mensajes al docente, no como e-mail sino dentro del contexto del laboratorio virtual.
- Modificar el perfil, que incluye nombres, apellidos, contraseña y e-mail.
- Acceder a los applets de los montajes del laboratorio virtual previamente autorizados por el docente.

El docente por su parte posee muchas más opciones en la página Web, dentro de las que están:

- Agregar y borrar estudiantes con acceso al laboratorio virtual.
- Agregar, modificar y eliminar otros usuarios con acceso como docente (para monitores, colegas, etc).
- Leer todos los mensajes enviados por los estudiantes, con la fecha y el código del estudiante que lo publicó.
- Agregar, modificar y borrar mensajes y enlaces de interés dirigidos a los estudiantes.
- Agregar o quitar permisos de acceso a los diferentes montajes del laboratorio virtual. Esto se realiza para controlar el cronograma del curso, e ir accediendo a los laboratorios una vez el estudiante tenga la teoría mínima para entenderlos.

En la siguiente figura se muestra la pagina donde el docente puede cambiar los permisos de acceso al laboratorio virtual.

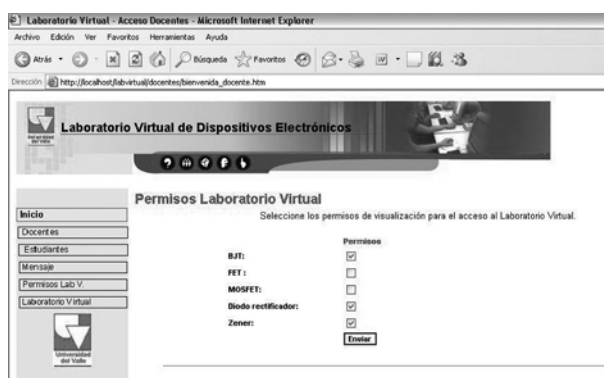


Figura 7. Pagina de los permisos de laboratorio virtual.

## 5. Pruebas y resultados

Las principales pruebas hechas a los diferentes circuitos se realizaron mediante la conexión con un Web Browser a un Applet de prueba contenido en el servidor Tomcat, con el cual se establece la conexión entre el hardware y el cliente o estudiante.

En las pruebas donde se utiliza circuitos con señal senoidal se configuran los cuatro parámetros principales que son V1, V2, Amplitud y Frecuencia y se procede a enviar los datos via WEB hasta el hardware. De esta manera el estudiante puede observar el voltaje de salida de cada circuito vs el eje del tiempo, estableciendo diferencias a distintos valores de voltaje de las fuentes DC así como valores de amplitud y de frecuencia para señales AC.

Se han escogido como muestra las señales obtenidas de los siguientes circuitos:

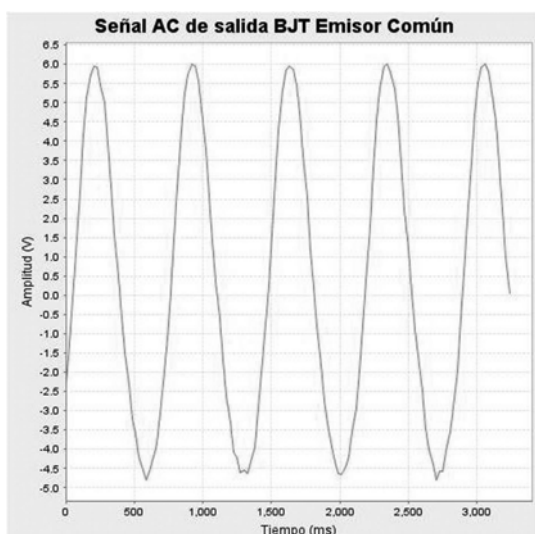


Figura 8. Señal AC Circuito Emisor Común BJT

Para el circuito de la figura 8 se configuró una amplitud de la señal senoidal de entrada de 100 mVpico-pico y una frecuencia de 1.4 KHz

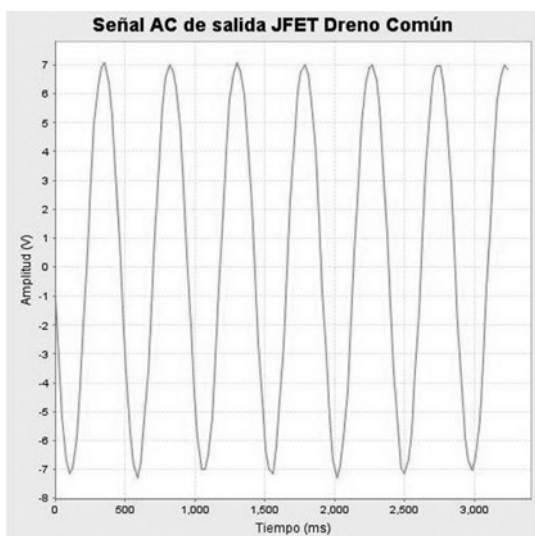


Figura 9. Señal AC Circuito Dreno Común JFET

Para el circuito de la figura 9 se configuró una amplitud de la señal senoidal de entrada de 14 Vpico-pico y una frecuencia de 2 KHz

Para los resultados de las pruebas de caracterización, se escogió el transistor Mosfet y diodo Zener. En este caso el estudiante ingresará los valores de los parámetros que influyen en la caracterización. Los valores de amplitud y frecuencia de la señal senoidal no tienen relevancia en estos resultados.

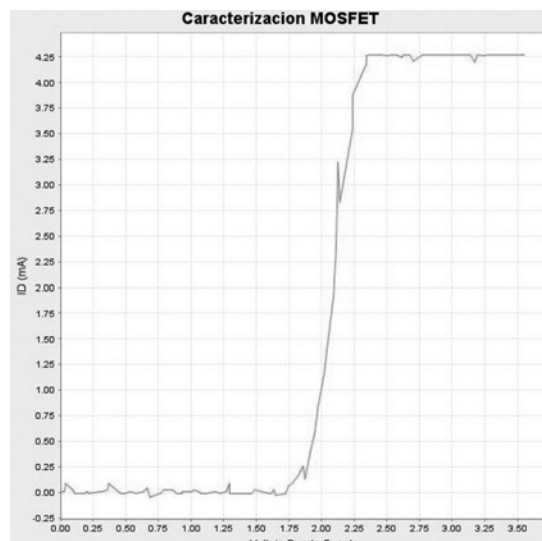


Figura 10. Señal Caracterización Mosfet

En el circuito de la figura 10, se procede a dejar una fuente V2 fija (Señal del dreno del Mosfet) configurable por el usuario. La fuente V1 o Vgs del Mosfet se incrementa automáticamente dando como resultado un valor variable de la corriente del dreno, que atraviesa una resistencia de 2.2 KΩ.

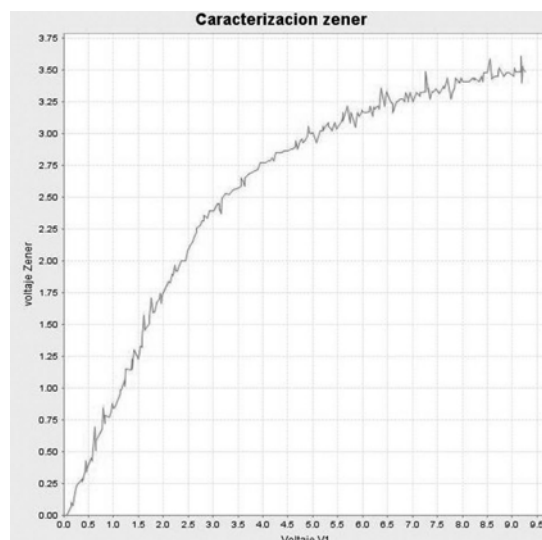


Figura 11. Señal Caracterización Diodo Zener

En el circuito de la figura 11, se procede a variar automáticamente la fuente V1 o voltaje del ánodo del diodo zener sin necesidad que el estudiante configure algún parámetro.

Los circuitos restantes han sido probados y analizados de manera satisfactoria. No se incluyen en este capítulo la totalidad de ellos debido a su gran número.



## Conclusiones

Este artículo presenta el desarrollo de un laboratorio virtual novedoso para el estudio y aprendizaje del funcionamiento de los principales dispositivos electrónicos como son: Transistor BJT, Transistor FET, Transistor MOSFET, Diodo Rectificador y Diodo Zener.

Se aprovechan lenguajes de alto nivel, específicamente Java, para lograr la interacción cliente-servidor. Esta interacción se realiza sin acciones complementarias por parte del usuario gracias al “*HTTP tunneling*”, de manera que el estudiante accede a todos los servicios del laboratorio como si estuviera navegando en una página Web normal, sin tener que abrir puertos o realizar tareas que puedan ser una amenaza para el PC.

Se comprueba que con un microcontrolador de bajo costo, es posible realizar tareas de adquisición de señales con resultados óptimos dentro del ambiente pedagógico de un laboratorio virtual. Esto es importante porque tanto las tarjetas de adquisición que se encuentran en el mercado y las que utilizan en otros laboratorios virtuales son de costo elevado además de la compra de las licencias que algunas lo requieran.

Con el uso de la librería JFreeChart del paquete JAVA, se realizaron las graficas correspondientes a cada uno de los laboratorios de dispositivos electrónicos. Las gráficas resultantes fueron satisfactorias para que el estudiante pueda entender el funcionamiento del dispositivo de manera clara y sencilla, además cada gráfica cuenta con la ayuda teórica propia de cada laboratorio y la explicación del circuito.

Se desarrollo un Hardware microcontrolador capaz de comunicarse con el PC servidor por el puerto serial observándose resultados óptimos en la transmisión de datos, que fueron visualizados en una interfaz gráfica diseñada en JAVA e implementada en Applets.

Se obtuvo una excelente comunicación entre las herramientas Servlets y Applets necesarias para la correcta comunicación entre cliente – servidor – hardware.

## Referencias

- [1] W. Stallings. Comunicaciones y Redes de Computadores. Sexta edición. Prentice Hall (2000).
- [2] H. M. Deitel, P. J. Deitel. Javas, Cómo programar. Quinta Edición Prentice Hall (2004).
- [3] Hong Shen, Zheng Xu, Dalager B., Kristiansen V., Strom O., Shur M.S., Fjeldly, T.A., Jian-Qiang Lu, Ytterdal T., “Conducting laboratory experiments over the Internet”. IEEE Transactions on Education, Volume 42, Issue: 3, (Agosto 1999), Páginas 180-185.

[4] Jochheim A., Rhorig A., “The Virtual Lab of teleoperated control of real experiments”. Proceedings of the IEEE 38th Conference on Decision and Control, (1999), páginas 819-824.

[5] Wagner B., Tuttas J., “Team learning in an online lab”, 31<sup>st</sup> Annual Frontiers in Education Conference, (2001) Volume 1, páginas: TIF -18-22.

[6] Huan-Wen Tzeng. “The design of pedagogical agent of distance virtual experiment”. 31<sup>st</sup> Annual Frontiers in Education Conference, (2001) Volume 2, páginas: F1F -18 – 23.

[7] Rodríguez. L. A., “Desarrollo de un sistema de monitoreo y control electrónico remoto vía Internet basado en lenguaje Java”, Trabajo de grado Ingeniero Electrónico, (2005), Universidad del Valle, Colombia.

[8] Barreto M. A., Florez J. E., “Laboratorio Virtual para la Experimentación Remota sobre una Plataforma Servo Motor”. Trabajo de Grado Ingeniero Electrónico, (2003), Universidad del Valle, Colombia.

[9] [www.electronicafacil.net/tutoriales/tutorial134.html](http://www.electronicafacil.net/tutoriales/tutorial134.html)

[10] [www.cienciasmisticas.com.ar/electronica/semi/fet/](http://www.cienciasmisticas.com.ar/electronica/semi/fet/)

[11] Fleeman S. R., “Electronic Devices. Discrete and Integrated”, Prentice Hall International Editions, (1990).

*Dirección de Contacto del Autor/es:*

**Carlos Andrés Ibarra Bolaños**

Grupo de Arquitecturas Digitales y Microelectrónica.  
Universidad del Valle  
Santiago de Cali  
Colombia  
e-mail: caanibol11@hotmail.com  
caanibol@univalle.edu.co

**Sebastián Medina Serna**

Grupo de Arquitecturas Digitales y Microelectrónica.  
Universidad del Valle  
Santiago de Cali  
Colombia  
e-mail: semedina@univalle.edu.co,  
sebastian.medina@gmail.com

**PhD.Alvaro Bernal Noreña**

Grupo de Arquitecturas Digitales y Microelectrónica.  
Universidad del Valle  
Santiago de Cali  
Colombia  
e-mail: alvaro@univalle.edu.co