

Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas

Facultad de Ingeniería Eléctrica

**Centro de Estudios de Electrónica y Tecnologías de la
Información. (CEETI)**



TRABAJO DE DIPLOMA

**Actividades prácticas para la asignatura
Mediciones Electrónicas.**

Autor: Damián Aguilar Salazar.

Tutor: Dr C. Miguel Arturo Mendoza Reyes.

Santa Clara

2013

"Año 55 de la Revolución"

Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas

Facultad de Ingeniería Eléctrica

**Centro de Estudios de Electrónica y Tecnologías de la
Información. (CEETI)**



TRABAJO DE DIPLOMA

**Actividades prácticas para la asignatura
Mediciones Electrónicas.**

Autor: Damián Aguilar Salazar.

damian@uclv.edu.cu

Tutor: Prof. Miguel Arturo Mendoza Reyes, Dr C.

mmendoza@uclv.edu.cu

Santa Clara

"Año 55 de la Revolución"



Hago constar que el presente trabajo de diploma fue realizado en la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas como parte de la culminación de estudios de la especialidad de Ingeniería Biomédica, autorizando a que el mismo sea utilizado por la Institución, para los fines que estime conveniente, tanto de forma parcial como total y que además no podrá ser presentado en eventos, ni publicados sin autorización de la Universidad.

Firma del Autor

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido realizado según acuerdo de la dirección de nuestro centro y el mismo cumple con los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura referido a la temática señalada.

Firma del Tutor

Firma del Jefe de Departamento
donde se defiende el trabajo

Firma del Responsable de
Información Científico-Técnica

PENSAMIENTO

➤ *No importa cuánto sepas, sino las ganas que tengas de seguir aprendiendo.*

Daniel Korn.

DEDICATORIA

- *A mi familia por haberme guiado y apoyado todos estos años.*
- *A mi hermano por apoyarme.*
- *A mi novia Dayana por Acompañarme.*

AGRADECIMIENTOS

- *A mi tutor por su ayuda incondicional en todos los momentos que he necesitado, así como por su interés en transmitirme sus conocimientos y motivarme cada día a la superación profesional.*
- *A Alberto Taboada Crispi por su ayuda.*
- *A mis padres por haberme apoyado siempre durante el transcurso de la carrera.*
- *A mi hermano Manuel por ayudarme y servirme de ejemplo cada día.*
- *A mi novia Dayana por estar siempre a mi lado y ayudarme en todos los momentos.*
- *A todas aquellas personas que de una manera u otra contribuyeron a la realización de este trabajo de diploma.*

TAREA TÉCNICA

- Revisión bibliográfica de los documentos programáticos de la carrera en Cuba y otras Universidades.
- Familiarización con los equipos e instrumentos de laboratorio disponibles en la Facultad de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas (UCLV).
- Determinación de las componentes a usar de acuerdo a las necesidades de la asignatura y disponibilidades.
- Establecer la propuesta de actividades prácticas (reales y simuladas) para la asignatura que exploten los recursos disponibles y las guías de trabajo.
- Montaje y verificación de las actividades prácticas.
- Confección de un manual de prácticas de laboratorio para la asignatura.
- Confección del informe técnico del trabajo de Diploma

Firma del Autor

Firma del Tutor

RESUMEN

En la Facultad de Eléctrica de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas se estudia la carrera de Ingeniería Biomédica desde hace pocos años. El programa educacional de esta carrera tiene como misión principal la formación de un personal profesional destinado al trabajo en el amplio campo de la bioingeniería. El plan de asignaturas incluye materias del perfil de sistemas y señales, así como de instrumentación biomédica. En el segundo semestre del tercer año de la carrera se imparte la asignatura de Mediciones Electrónica, la cual estaba limitada en cuanto a prácticas de laboratorios, tanto reales como simulados. El problema anterior es lo que hace necesario la realización de esta tesis, mediante la cual quedarán confeccionados los laboratorios que complementarán la asignatura. Estas actividades prácticas estarán centradas en una serie de contenidos, con el propósito de aumentar los conocimientos de los estudiantes, acerca de las técnicas para la medición de componentes y la simulación de circuitos.

TABLA DE CONTENIDOS

<i>PENSAMIENTO</i>	I
<i>DEDICATORIA</i>	II
<i>AGRADECIMIENTOS</i>	III
RESUMEN	V
INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES	4
OBJETIVO GENERAL:	5
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
TAREA TÉCNICA	6
CAPÍTULO 1. LA INGENIERÍA BIOMÉDICA.	9
1.1. LA INGENIERÍA BIOMÉDICA EN CUBA.	10
1.2. LA INSTRUMENTACIÓN BIOMÉDICA.	12
1.3. CLASIFICACIÓN DE LOS MECANISMOS DE MEDICIÓN.	16
1.4. APLICACIONES DE LA MEDICIÓN ELECTRÓNICA.	18
1.5. LA MEDICIÓN ELECTRÓNICA COMO ASIGNATURA.	19
1.6. ANTECEDENTES A LA ASIGNATURA MEDICIONES ELECTRÓNICAS.	19
1.7. ESTRUCTURA DE LA ASIGNATURA MEDICIONES ELECTRÓNICAS EN LA CARRERA DE INGENIERÍA BIOMÉDICA EN LA UNIVERSIDAD CENTRAL “MARTA ABREU” DE LAS VILLAS.	20
CAPÍTULO 2. IMPLEMENTACION DE LAS ACTIVIDADES PRÁCTICAS DE MEDICIONES ELECTRÓNICAS.	
26	
2.1 NECESIDADES Y EXIGENCIAS DE LOS INSTRUMENTOS.	26
2.2 EQUIPOS Y COMPONENTES EMPLEADOS EN LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO REAL.	27

2.2.1 Tablero de pruebas (Breadboard)	27
2.2.2 Multímetro Digital (UT-804)	29
2.2.3 Osciloscopio Digital (AT-7328S)	32
2.2.4 Fuente DC Regulable (XJ17432L)	33
2.2.5 Generador de señales (XJ1633)	34
2.2.6 Metro RLC XJ2811C	34
2.2.7 Componentes electrónicas que se emplean	38
2.3 DISEÑO DE LAS ACTIVIDADES PRÁCTICAS	41
2.3.1 Estructura general de las actividades prácticas	41
2.4. SISTEMA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO DE LA ASIGNATURA MEDICIONES ELECTRÓNICAS	42
CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
3.1 PRÁCTICAS DE LABORATORIOS IMPLEMENTADAS	43
3.2 Análisis de las prácticas de laboratorios	44
3.3 Comentarios y recomendaciones de las prácticas de laboratorios	46
3.4 Resultados de la utilización de las prácticas de laboratorios	48
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES	54
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
ANEXO I LABORATORIOS REALES	58
Laboratorio Real 1: Tipos de instrumentos y errores en los datos experimentales	58
Laboratorio Real 2: Diseño De Voltímetros con Mecanismo D´Arsonval	60
Laboratorio Real 3: Medición de resistencias, capacitancias e inductancias. Diseño de óhmetros	62
Laboratorio Real 4: Multímetros Digitales	64
Laboratorio Real 5. Uso de Osciloscopios	66
Laboratorio Real 6: Medición de frecuencia y fase. Osciloscopios	68
ANEXO II LABORATORIOS SIMULADOS	71
Laboratorio Simulado1: Uso de MATLAB y Excel para apoyar las mediciones	71
Laboratorio Simulado2. Amperímetros y voltímetros	73
Laboratorio Simulado3: INSTRUMENTOS DIGITALES Y SU USO	75

INTRODUCCIÓN

En la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas ubicada en la provincia de Villa Clara, se encuentra la Facultad de Ingeniería Eléctrica, donde se estudia desde el curso 2005-2006 la carrera de Ingeniería Biomédica.

La Ingeniería Biomédica es una rama, multidisciplinaria y científica, que estudia, investiga y desarrolla tecnologías y sistemas biomédicos, con el objetivo básico de lograr un mejoramiento sistemático en los seres vivos y en particular, en la salud humana, a través de la aplicación directa de los conocimientos aplicados de las Ciencias de la Vida, las Ciencias Exactas y las Ciencias Técnicas, de una forma creativa, dinámica y competente para resolver los problemas relacionados con la Medicina y la Biología[1].

La contribución fundamental de la Ingeniería Biomédica está relacionada con el desarrollo de equipos, instrumentos, dispositivos y sistemas médicos, incluyendo sus respectivos soportes de programación y las normas de empleo y seguridad, que en conjunto permiten el mejoramiento sistemático de los Servicios de Salud y Sanidad en la Sociedad Cubana[1].

Los contenidos que se imparten en la carrera de Ingeniería Biomédica abarcan conocimientos que son abordados por las áreas y disciplinas que la estructuran. [2]

Entre las disciplinas comprendidas en el Plan de Estudios de la carrera se destaca un grupo que se caracteriza por su gran articulación vertical:

- **Disciplina de Bioingeniería.**
- **Disciplina de Electrónica.**
- **Disciplina Circuitos Eléctricos.**
- **Disciplina Instrumentación Biomédica.**

Disciplina de Bioingeniería: La Ingeniería Biomédica constituye una disciplina integradora de conocimientos donde se abordan numerosos temas tecnológicos relacionados con sistemas y dispositivos electrónicos, eléctricos, mecánicos u otros, empleando para ello herramientas de trabajo tanto para el diseño de sistemas biomédicos como para la simulación de los mismos.

Disciplina de Electrónica: La Electrónica constituye una disciplina integradora de conocimientos donde se abordan numerosos temas relacionados con los principios básicos y las características de dispositivos y circuitos electrónicos en los que se basa el actual desarrollo tecnológico doméstico e industrial; incluyendo además las herramientas necesarias para el trabajo de diseño, simulación y experimentación.

La disciplina apoya el desarrollo de habilidades en los estudiantes vinculadas al manejo de dispositivos semiconductores y/o equivalentes; así como a sus circuitos asociados y herramientas para el diseño y simulación asistidos por computadoras, empleando información científico técnica, manuales técnicos básicos y normas nacionales e internacionales de seguridad, etc., propiciando el desarrollo y aplicación de una metodología de investigación científica en apoyo al trabajo de investigación relacionada con las líneas de I&D al nivel local, territorial, nacional y/o internacional.

Disciplina Circuitos Eléctricos: La Disciplina de Circuitos Eléctricos constituye una base fundamental del perfil amplio en cualquier programa de Ingeniería relacionado con la rama eléctrica y/o electrónica, y es la primera disciplina básica–específica que deben cursar los estudiantes para profundizar en la identificación y empleo de dispositivos eléctricos, electrónicos y

optoelectrónicos; así como en el estudio de los métodos generales de análisis y síntesis de circuitos asociados a las redes eléctricas que forman una base teórico-práctica necesaria para su utilización en el área biomédica, como precedente de otras disciplinas de años superiores.

Disciplina de Instrumentación Biomédica: La Instrumentación Biomédica constituye una disciplina integradora de conocimientos donde se abordan numerosos temas relacionados con los principios, características, métodos, sensores, actuadores, dispositivos y circuitos, instrumentos, equipos y sistemas de propósito general y específicos del área de Bioingeniería, dedicados a la medición, el registro y procesamiento de señales.

Dentro de esta disciplina se encuentra la asignatura Mediciones Electrónicas que tiene como objetivos manejar, verificar y evaluar los equipos e instrumentos de propósito general y/o específicos relacionados en la Ingeniería Biomédica para la medición de señales y variables empleadas en los sistemas, caracterizar los dispositivos para la adquisición, el acondicionamiento y el procesamiento analógico de señales y variables biomédicas, diseñar circuitos electrónicos y/o partes de equipos e instrumentos de medición de baja y media complejidad.

Con el propósito de lograr el objetivo y el perfil de la especialidad, en el tercer año de la carrera se imparte la asignatura Mediciones Electrónicas. Esta tiene como objetivo que los estudiantes aprendan el principio de funcionamiento y los circuitos de acondicionamiento de una gran variedad de mecanismos de medición que pueden encontrarse en su vida laboral en cualquier taller de electromedicina, además de lograr habilidades como [3]:

1. Manejar, verificar y evaluar los equipos e instrumentos de propósito general y/o específicos relacionados en la Ingeniería Biomédica para la medición de señales y variables empleadas en los sistemas biomédicos.

2. Caracterizar dispositivos para la adquisición, el acondicionamiento y el procesamiento analógico de señales y variables biomédicas.
3. Diseñar circuitos electrónicos y/o partes de equipos e instrumentos de medición de baja y media complejidad.
4. Emplear programas de simulación y/o diseño electrónico en apoyo al desarrollo de instrumentos y sistemas electrónicos biomédicos y/o virtuales.
5. Emplear manuales y documentación técnica en español e inglés.

El sistema de Prácticas de Laboratorio establecido en la asignatura Mediciones Electrónicas, al tratar de satisfacer la mayoría de los objetivos de la disciplina, incluye temas que son apropiados para asignaturas más avanzadas. Esto se logra a expensas de una disminución en la cantidad de ejercicios orientados a la asimilación por parte de los estudiantes de los conocimientos básicos necesarios para el uso y la explotación de la instrumentación, los cuales resultan imprescindibles como base a las demás asignaturas de la disciplina. La insuficiencia en la conciliación entre los objetivos abordados en las Prácticas de Laboratorio con los establecidos para la asignatura como parte de la disciplina Instrumentación Biomédica es el **problema científico** que aborda este trabajo.

Para lograr la solución del problema científico fue necesario el desarrollo de esta tesis que tiene como **interrogante científica**: ¿Cómo potenciar la adquisición de hábitos y habilidades en la asignatura de Mediciones Electrónicas mediante un sistema de prácticas de laboratorio?

Antecedentes

Como antecedentes del presente trabajo pueden citarse los siguientes:

1. Proyectos de diseño y simulación en asignaturas de programas de Ingeniería Electrónica, Biomédica y afines en todo el mundo.

2. En Cuba, proyectos de asignaturas integradoras, del plan de estudios de carreras como Ingeniería Eléctrica, Automática, Electrónica y Telecomunicaciones.
3. Proyectos de la asignatura Mediciones Electrónicas en cursos precedentes.

En correspondencia con el problema científico, el **objeto de estudio** se enmarca en la didáctica de las prácticas de laboratorio, mientras que el campo está focalizado hacia la adquisición de hábitos y habilidades en las prácticas de laboratorio de la asignatura Mediciones Electrónicas de la carrera de Ingeniería Biomédica.

Objetivo General:

En relación con lo anterior, el objetivo general del trabajo es: Proponer un sistema de prácticas de laboratorios reales y simulados para la asignatura Mediciones Electrónicas que potencie la adquisición de los hábitos y habilidades planteados en el programa de la Disciplina Instrumentación Biomédica.

Objetivos específicos

Para lograr la satisfacción del objetivo general se han planteado los siguientes objetivos específicos:

1. Diseñar y/o reestructurar el sistema de prácticas de laboratorio de la asignatura de acuerdo a los objetivos, conocimientos, hábitos y habilidades a lograr de acuerdo a los documentos programáticos de la carrera y la disciplina Bioinstrumentación, así como las componentes y equipamiento disponible.

2. Confeccionar a partir de la orientación de profesores con experiencia, los objetivos y habilidades a lograr en cada tema, las guías del sistema de prácticas, con el análisis e interpretación de los resultados de cada una.

Tarea Técnica

Para lograr el cumplimiento de los objetivos se plantea las siguientes tareas técnicas:

1. Revisión bibliográfica de los documentos programáticos de la carrera en Cuba y otras Universidades.
2. Familiarización con los equipos e instrumentos de laboratorio disponibles en la Facultad de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas (UCLV).
3. Determinación de las componentes a usar de acuerdo a las necesidades de la asignatura y disponibilidades.
4. Establecer la propuesta de actividades prácticas (reales y simuladas) para la asignatura que exploten los recursos disponibles y las guías de trabajo.
5. Montaje y verificación de las actividades prácticas.
6. Confección de un manual de prácticas de laboratorio para la asignatura.
7. Confección del informe técnico del trabajo de Diploma.

A partir del cumplimiento de lo anteriormente planteado se pueden lograr los siguientes **resultados**:

1. Creación de un folleto que contendría los laboratorios reales y simulados de la asignatura Mediciones Electrónicas.

2. Incorporación del folleto de Prácticas de Laboratorio en la Plataforma Moodle para facilitar un acceso directo a las prácticas, así como la entrega de los informes de laboratorio.

El impacto de la tesis planteada, es de tipo social ya que traerá como consecuencia o resultado un aumento de la calidad de las clases, laboratorios y materiales de estudio de la asignatura Mediciones Electrónicas. Además, debe contribuir a la mejora de las habilidades con los instrumentos electrónicos y los programas de simulación en las prácticas de laboratorio, potenciando el cumplimiento de los objetivos de la asignatura en la carrera de Ingeniería Biomédica.

Los resultados de este trabajo tienen aplicación inmediata en la impartición de la asignatura Mediciones Electrónicas. Deben comenzar a usarse en el curso 2012-2013, para poder comparar los resultados obtenidos con los del curso 2011-2012.

La Tesis estará estructurada en Introducción, Capítulo 1, Capítulo 2, Capítulo 3, Conclusiones y Recomendaciones.

En el capítulo 1 se establece una caracterización de la carrera Ingeniería Biomédica, de la disciplina Instrumentación Biomédica y dentro de la misma la asignatura de Mediciones Electrónicas, enfatizando los objetivos y habilidades a lograr en la misma, así como la necesidad de proponer un sistema de prácticas de laboratorios reales y simulados que potencie la adquisición de los hábitos y habilidades planteados en el programa de la Disciplina de Bioinstrumentación.

En el capítulo 2 se realiza el diagnóstico de necesidades de la asignatura Mediciones Electrónicas, en cuanto a hábitos y habilidades a lograr en cada uno de los temas de la asignatura, de acuerdo con los contenidos establecidos. Se realizará la caracterización de los instrumentos tanto para el montaje de los laboratorios reales, como para los simulados (*software*), la efectividad de los

circuitos existentes y el diseño y reestructuración del sistema de prácticas de laboratorio, así como la propuesta de las prácticas, de componentes e instrumentos a utilizar.

En el capítulo 3 se expone el montaje y verificación de las prácticas de laboratorio tanto reales como simuladas, se discuten los resultados obtenidos y su interpretación. Se expondrá el folleto con las prácticas reales y simuladas para la entrega a los estudiantes.

En las conclusiones y recomendaciones se ofrecerán los aspectos más significativos del cumplimiento de los objetivos trazados en el trabajo de diploma y las actividades o aspectos pendientes para su mejoramiento en futuros trabajos.

CAPÍTULO 1. La Ingeniería Biomédica.

La Ingeniería Biomédica es un área interdisciplinaria del conocimiento que tiene por objetivo atender la demanda creciente de tecnologías para las Ciencias de la Vida a través de la aplicación de técnicas, métodos y otros recursos propios de la ingeniería.

El Ingeniero Biomédico es un profesional de perfil multidisciplinario e integralmente formado con conocimientos básicos en Ingeniería, Ciencias Físicas, Biología Celular y Molecular, Ciencias de la Vida, Modelación Matemática e Informática, formado integralmente con capacidades para la investigación, el desarrollo, la aplicación, el mantenimiento, la reparación y la gestión de tecnologías biomédicas con el propósito de:

- Integrarse a la Investigación Biomédica.
- Participar en el Diseño de Equipos Médicos por la Industria Nacional y en las tareas de Investigación y Desarrollo de sus grupos afines.
- Apoyar la explotación, mantenimiento, gestión, investigación-desarrollo e innovación de la Tecnología Biomédica instalada en nuestros Centros de Salud y en Centros de Investigación.
- Apoyar el desarrollo de la Bioinformática y sus soportes técnicos, (interfaces, redes, programas, etc.) a fin de socializar los logros del Proyecto del Genoma Humano y de la Biología [13].

La contribución fundamental de la Ingeniería Biomédica está relacionada con el desarrollo de equipos, instrumentos, dispositivos y sistemas médicos, incluyendo sus respectivos soportes de programación y las normas de empleo y seguridad, que en conjunto permiten el mejoramiento sistemático de los Servicios de Salud y Sanidad en la Sociedad Cubana [5].

1.1. La Ingeniería Biomédica en Cuba.

En Cuba, desde la década de los años 70, grupos aislados de profesionales pertenecientes a diferentes instituciones relacionadas con la Industria Electrónica, comenzaron a desarrollar tecnologías y sistemas médicos en apoyo a las crecientes necesidades de los servicios de salud. Muchos de estos profesionales se organizaron a través de la Sociedad Cubana de Bioingeniería, y comenzó un importante desarrollo a nivel nacional para ofrecer soluciones a los problemas relacionados con la clínica y la experimentación con seres vivos. Numerosos avances se han logrado desde el siglo pasado en el país, apoyado por la estrategia de dirección del Estado Cubano en ofrecer un servicio de salud más avanzado y eficiente, de acuerdo a los logros de la Escuela Médica Cubana y del desarrollo internacional de esta nueva especialidad.

El perfil del profesional que prepara el Programa de Ingeniería Biomédica en Cuba se da a través de tres componentes básicas que definen los propósitos de la formación profesional del Ingeniero Biomédico basados en la estrategia de Formación Integral y profesional:

1.- Campos de acción.

- Instrumentos, equipos y sistemas biomédicos para el Diagnóstico Clínico, la Terapia, la Medicina Deportiva y la Investigación.
- Gerencia y administración clínica y hospitalaria.

- Tecnologías de la Información en Biomedicina.

2.- Modos de actuación:

- Instalación, operación y mantenimiento de equipos, instrumentos y sistemas biomédicos.
- Gerencia de tecnologías médicas en instituciones de salud.
- Diseño de equipos, sensores, instrumentos, dispositivos, biomateriales, metodologías y normativas en sistemas biomédicos.
- Desarrollo de programas (software) y herramientas de programación aplicados a equipos, instrumentos y sistemas biomédicos; así como a la gerencia y administración de instalaciones hospitalarias.

3.- Esferas de actuación.

- Instituciones Clínicas y Hospitalarias del Sistema de Salud.
- Empresas de desarrollo, comercialización y servicios de equipos, instrumentos y sistemas médicos.
- Centros de Investigación y Desarrollo (I&D).
- Entidades gubernamentales relacionadas con la tecnología y los servicios de sanidad.
- Centros e instalaciones relacionadas con la Medicina Deportiva, la Rehabilitación y los Discapacitados.
- Centros de Educación Superior y de Formación Profesional.

1.2. **La instrumentación Biomédica.**

La Instrumentación Biomédica se basa en la aplicación de las herramientas ofrecidas por el desarrollo ascendente fundamentalmente de la Electrónica, la Fisiología y los principios técnicos de las mediciones, para el desarrollo de equipos y sistemas médicos usados para el diagnóstico, el tratamiento terapéutico y el cuidado de pacientes y en general, de los seres vivos[5].

1.2.1. **Las Mediciones Electrónicas.**

En todas las ramas de las Ciencias Técnicas, se han obtenido importantes logros con la ayuda de las mediciones. Las mediciones de temperatura, presión, humedad, flujo, nivel, etc., han posibilitado el grado de desarrollo actual de la industria y el incremento, tanto de la productividad, como de la calidad de los productos. Las mediciones de voltajes, corriente, impedancia y muchas otras, son realizadas en diversos campos de las ciencias, pues muchos parámetros físicos, han podido ser traducidos a los parámetros eléctricos mencionados[14].

La mayoría de los instrumentos tienen el propósito de suministrar información acerca de una variable que está siendo medida. Algunas veces, además de la indicación de la magnitud que toma la variable bajo prueba, se produce por el instrumento, un registro permanente del comportamiento de la variable y adicionalmente, algunos instrumentos son también empleados para controlar la misma, lo cual no excluye que un mismo instrumento pueda incluir cualquier combinación de las tres funciones básicas mencionadas, las cuales son:

* Indicación

* Registro

* Control

Dentro de la función que realizan las mediciones, en la actualidad, una parte cada vez más importante, está basada en el empleo de la Electrónica. Muchas de las

variables que se convierten en magnitudes eléctricas, necesitan de algún tipo de procesamiento posterior a su captación, antes de poder pasar a su adecuada interpretación. Este procesamiento se realiza, en la casi totalidad de los casos, utilizando dispositivos electrónicos que realizan alguna combinación de las funciones de: amplificación, muestreo, detección, filtrado, multiplexado, conversión y muchas otras.

1.2.2. Conceptos generales.

Debemos saber a qué se le denomina medición: medir cierta cantidad de una magnitud, es compararla con otra de la misma magnitud que se adopta como unidad. Para entender esta definición debemos saber qué es Magnitud y Cantidad.

Magnitud: Físicamente se define como la propiedad de un cuerpo o un evento susceptible de ser medido. Son magnitudes, el peso, la longitud, la velocidad, la intensidad de una corriente eléctrica, etc. Sin embargo, no todas las magnitudes mencionadas se encuentran dentro de una misma categoría: mientras que la fuerza y la velocidad son magnitudes vectoriales, la longitud es una magnitud escalar. Además, las magnitudes eléctricas pueden admitir en algunos casos una representación vectorial que simplifica el análisis de los circuitos [15].

Cantidad: Es el número, vector o matriz que permite comparar cuantitativamente respecto de la que se tomó como unidad de la magnitud.

Sin embargo **medir** no representa en la mayoría de los casos una tarea sencilla. Requiere definir y ejecutar correctamente tres pasos: *qué* es lo que se va a medir, *cómo* se va a medir y *con qué* elementos se va a medir.

Qué: La magnitud a medir (incógnita) no siempre está bien definida, y su caracterización plantea por lo general la mayor dificultad en la resolución del problema.

Cómo: Una vez definido qué es lo que se medirá, surge el problema de la elección del método de medida más adecuado.

Con qué: solucionados los dos primeros puntos es necesario proceder a la selección de los aparatos de medición y de los operadores. Estas dos tareas están relacionadas entre sí debido a que casi siempre la disponibilidad de personal adecuado define el tipo de aparato o método de medida a utilizar[15].

Se nombra **instrumento** a: cualquier dispositivo empleado para medir, registrar y/o controlar el valor de una magnitud que se desea observar. Las mediciones electrónicas desde este punto de vista se pueden considerar como la ciencia y tecnología del diseño, y utilización de los instrumentos.

Mediciones Electrónicas es la asignatura encargada de utilizar un mecanismo de medición o instrumento para lograr el objetivo medir, registrar y/o controlar una variable física o eléctrica.

La sensibilidad es: la relación de la variación en la indicación o salida de un instrumento de medición, a la variación en la cantidad medida o entrada que la provoca.

Para un galvanómetro la sensibilidad se define como (Ec. 1.1):

$$S = \frac{\Phi}{I_{fs}} , \quad (1.1)$$

Dónde: S: Sensibilidad.

Φ : Ángulo Deflectado.

I_{fs}: Corriente de plena Escala.

El Campo de Medida de un instrumento es definido por: el valor máximo de la escala que se utiliza, a través de la cual se mantienen los límites de exactitud establecidos[14].

La Constante de Escala es definida por: el valor de la menor división de la escala, para cada campo de medida utilizado (Ec. 1.2).

$$\text{Constante de Escala} = \frac{\text{Valor Máximo}}{\# \text{ de Divisiones}} \quad (1.2)$$

El error, puede ser la desviación de una lectura o grupo de lecturas, respecto al valor esperado de la variable medida. El error no es más que una medida cuantitativa de la incertidumbre. En los instrumentos de medición se expresa mediante la clase, de un instrumento o de una medición.

La indicación de un instrumento, está supeditada a errores, debidos a su construcción interna o bien a la máxima apreciación que puede hacerse de las marcas de la escala. Esto implica que es un punto de la escala, el error total es máximo. Este error deba hallarse realizando una verificación del instrumento, es decir, comparando las lecturas del mismo, con las de otro más exacto.

Se define entonces la **Clase de un Instrumento** como la relación entre el Error máximo, entre el campo de medida (Ec. 1.3):

$$C = \frac{\text{Error Máximo}}{\text{Campo de Medida}} \quad (1.3)$$

Error Absoluto: es la diferencia entre el valor esperado de la variable, y el valor medido de la misma (Ec.1.4).

$$E = Y_n - X_n \quad (1.4)$$

Dónde: E: Error Absoluto

Y_n: Valor Esperado.

X_n: Valor Obtenido.

1.3. Clasificación de los mecanismos de medición.

De acuerdo con el método utilizado para brindar la información, los instrumentos pueden ser clasificados en "**Analógicos**" o "**Digitales**".

En un **instrumento analógico** la magnitud a medir, por ejemplo, la intensidad de una corriente eléctrica, se convierte en otra magnitud más directamente perceptible a los sentidos, como es el desplazamiento de un índice sobre una escala; esto permite al observador seguir en forma continua las variaciones del valor medurado; cuando el operador lee el instrumento, convierte la indicación analógica en un valor numérico con la ayuda de la escala. Como utiliza la energía creada por la magnitud a medir convirtiéndola en una deflexión que le es proporcional, este dispositivo es un *convertidor electromecánico de medición*, en la figura 1.1 se observa un esquema de un equipo de medición analógico.

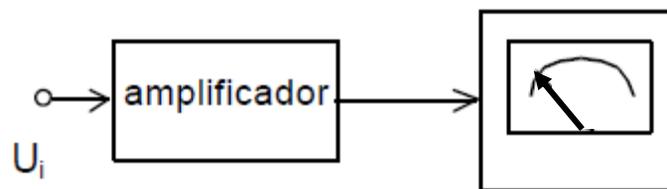


Fig.: 1.1: Esquema de un Instrumento Analógico.

En el **instrumento digital** o numérico, el proceso de la medición proporciona una información discontinua expresada por un número de varias cifras. La escala clásica de indicación continua, es reemplazada por la escala numérica de indicación discontinua, en la cual las cifras alineadas a leer indican directamente el valor numérico del grandor medido; la indicación numérica se presenta a lo largo del tiempo con un ritmo predeterminado. En general, los instrumentos digitales poseen características de entrada superiores a los analógicos, impedancia de entrada muy elevada en los circuitos de voltaje (superior a $2M\Omega$), un consumo de energía mucho menor y una mayor exactitud; pueden incorporar selección automática de escala, e indicación de polaridad, lo que salvaguarda al instrumento y mejora la fiabilidad de la medida[15].

En la figura 1.2 se muestra el esquema general de un dispositivo de medida digital.

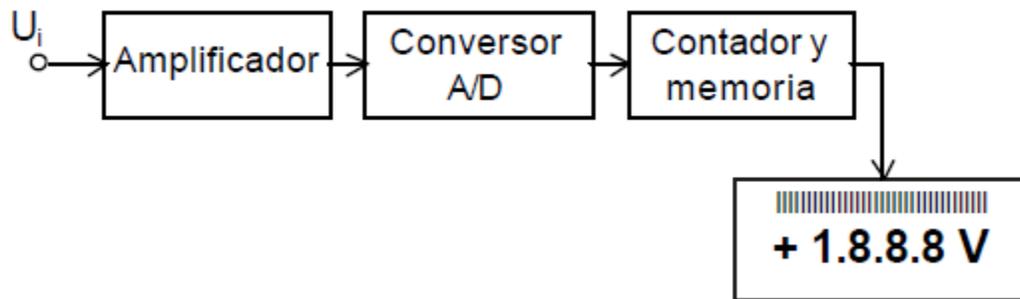


Fig. 1.2. Esquema de un sistema de medición Digital.

De acuerdo con el resultado que brinda la lectura, los instrumentos de medición se clasifican en:

Indicadores: Dan el valor de la medición, sin tomar en cuenta el parámetro tiempo.

Registradores: Dan el valor de la medición en función del tiempo.

Integradores: Dan la suma de los valores medidos, durante un intervalo de tiempo determinado.

De acuerdo con su principio de funcionamiento, los instrumentos se clasifican en:

Electromagnéticos: Funcionan por la interacción entre campos magnéticos y corrientes eléctricas. Se subdividen en cuatro grupos:

- Bobina móvil e imán fijo (D'Arsonval).
- Bobina fija e imán móvil.
- Hierro Móvil.
- Bobina fija y bobina móvil.

Electrostáticos: Funcionan por la interacción de campos eléctricos.

Inducción: Funcionan por el campo magnético asociado a la circulación de una corriente.

Térmicos: Funcionan por los efectos asociados a la Ley de Joule, o de los efectos caloríficos asociados a la circulación de la corriente eléctrica.

Electrónicos: Funcionan, total o parcialmente asociados a circuitos electrónicos[14].

1.4. Aplicaciones de la Medición Electrónica.

La Medición Electrónica como una de las tantas ramas en que se divide la instrumentación de manera general, presenta una gran variedad de aplicaciones, entre las que se encuentran la enseñanza de los instrumentos de medición, así como el funcionamiento y uso de los mismos.

Una de las aplicaciones más importantes que tiene la medición electrónica es la adquisición de datos. Los sistemas para la adquisición de datos (SAD) surgen ante la necesidad cada vez mayor y más frecuente de: **medir, registrar, almacenar y visualizar** las señales del mundo físico. En la asignatura Mediciones Electrónicas, se imparten conocimientos primarios para la confección de un sistema para la adquisición de datos (SAD) debido a la necesidad de conocer la variable fisiológica que se desea medir para de acuerdo a ello seleccionar el transductor adecuado en dependencia del rango de variación de la señal y la frecuencia de la misma. También se dan pasos en la selección del procedimiento de la medición para evitar cometer errores u obtener falsos resultados al final del mismo, debido a la selección incorrecta del convertidor, de la colocación o no de un multiplexor en dependencia de las exigencias del sistema, que de manera general puede ser monocal o multicanal.

En la figura 1.3 se muestra un esquema de un sistema de medición de variables fisiológicas monocanal.



Figura 1.3. Esquema general de un sistema de medición de variables fisiológicas.

1.5. La Medición Electrónica como asignatura.

La asignatura Mediciones Electrónicas como materia docente que se imparte durante la formación de profesionales relacionados con el campo de la electrónica, principalmente de ingenieros biomédicos, tiene como objetivos fundamentales, relacionar al estudiante con los equipos de medición de los laboratorios (osciloscopio, multímetro, generador de funciones, fuente variable de corriente directa, tablero de pruebas) y con el aprendizaje sobre la teoría básica de los distintos componentes y dispositivos electrónicos (resistores, capacitores, inductores, transistores y diferentes circuitos integrados). Posteriormente estará capacitado para realizar diseños y montajes de circuitos sencillos, así como para verificar el funcionamiento de los mismos de forma real y simulada, empleando las distintas herramientas computarizadas existentes en la universidad, de las cuales deberán tener conocimientos.

1.6. Antecedentes a la asignatura Mediciones Electrónicas.

La asignatura de Mediciones Electrónicas presenta antecedentes tanto en el mundo como en la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. La afirmación

anterior viene dada por la presencia de asignaturas con nombres similares en los programas educacionales de la carrera de Ingeniería Biomédica en distintas universidades del mundo, presentando entre ellos apenas pequeñas diferencias que vienen dadas por determinadas peculiaridades propias de las diferentes zonas y regiones en que es impartida la asignatura. [17][2].

En nuestro país, principalmente en la Universidad Central de Las Villas, las Mediciones Electrónicas como materia docente que se imparte en la formación de ingenieros biomédicos tiene asignaturas que le preceden en cuanto a contenidos. En la propia carrera están presentes la Electrónica Analógica, la Electrónica Digital, Proyectos de diseño y simulación en asignaturas de programas de Ingeniería Electrónica y Biomédica.

También se debe tener en cuenta que las Mediciones Electrónicas como asignatura está presente en otras carreras de la Facultad de Ingeniería Eléctrica de la Universidad, tales como Ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica, e Ingeniería en Automática.

Debido a todo lo antes abordado, se puede concluir que: la Medición Electrónica está presente en todas aquellas carreras relacionadas con el mundo de la Electrónica.

1.7. Estructura de la asignatura Mediciones Electrónicas en la carrera de Ingeniería Biomédica en la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.

En el programa analítico de la asignatura se dispuso de un total de 64 horas clases distribuido en cinco temas con el objetivo de que los estudiantes conozcan los principios y características básicas de los sensores-actuadores, dispositivos y circuitos eléctricos, electrónicos y ópticos y sistemas específicos o de propósito general para la **medición** y el **registro** de señales y variables fisiológicas. Se aspira a que los alumnos analicen, empleen, diseñen y verifiquen partes y/o secciones de componentes de instrumentación biomédica de baja y mediana

complejidad, dedicada a la adquisición de señales, que empleen programas y sistemas profesionales dedicados a la simulación y análisis de circuitos para el acondicionamiento y adquisición de señales médicas[3].

A continuación se hará una breve explicación de los temas que actualmente abarca la asignatura Mediciones Electrónicas en la carrera de Ingeniería Biomédica en la Universidad Central de Las Villas, mediante un sencillo resumen de cada uno de ellos, teniendo en cuenta que la realización de las actividades prácticas de laboratorios (simulados y reales) de la materia están dadas a partir de estos contenidos.

➤ **TEMA I: Introducción a las Mediciones Electrónicas.**

- Introducción.
- Errores en la Medición.
- Clasificación de los instrumentos.
- Mecanismo de D'Ansonval. Características y Aplicaciones. Mecanismos de Corriente Alterna.
- Diseño de Amperímetros, Voltímetros y Óhmetros.
- Potenciómetros de Corriente Directa y puente de medida.

Objetivos Instructivos del tema:

- Aplicar los conceptos más generales utilizados en el campo de las mediciones y las tendencias que durante su desarrollo ha seguido.
- Describir los principios de operación de los instrumentos analógicos de medición más utilizados en el laboratorio.
- Diseñar instrumentos analógicos de medición de bajo nivel de complejidad.
- Describir el principio de operación de los puentes de medición.

➤ **TEMA II: Principios básicos sobre Transductores.**

- Transductores y Características.
- Principio de Operación de los Transductores.
- Transductores para variables físicas de mayor uso.

Objetivos Instructivos del tema:

- Describir los principios de operación de los transductores de las variables físicas de mayor aplicación en el campo de la Ingeniería Biomédica.
- Diseñar y o analizar circuitos de acondicionamiento primario de transductores.

➤ **TEMA III: Instrumentación Biomédica. Conceptos Básicos.**

- Desarrollo de la instrumentación biomédica.
- Sistema de instrumentación médico generalizado.
- Analogías y diferencias con instrumentación general.
- Analogías de sistemas del organismo y sistemas ingenieros.
- Dificultades al medir en un ser vivo.
- Modelos de los principales sistemas biomédicos.
 - ❖ Señales y métodos de medición.
 - ❖ Variables fisiológicas, intervalos.

Objetivos Instructivos:

- Describir las dificultades en las mediciones de los seres vivos y las variables fisiológicas más importantes y los transductores a emplear.
- Caracterizar las diferentes señales de variables fisiológicas.
- Describir los efectos fisiológicos de la corriente eléctrica.
- Relacionar las medidas más importantes y normas a emplear para garantizar la seguridad eléctrica.

➤ **TEMA IV: Amplificadores de Biopotenciales.**

- Problemática de la captación de señales biométricas. Fuentes de ruido e interferencia en un bio-amplificador.
- Diagrama de bloques de un amplificador de Biopotenciales y características de los bloques que lo componen para atenuar los ruidos e interferencias.

Objetivos Instructivos:

- Describir el origen de los biopotenciales.
- Explicar las características de los electrodos para la medición de biopotenciales y de laboratorio.

➤ **TEMA V: Filtros para el acondicionamiento de señal biomédicas.**

- Clasificación de los filtros.
- Características y criterios en el diseño de filtros polinomiales.
- Filtro universal de doble lazo integrador.
- Filtro de capacitores conmutados.

Objetivos Instructivos:

- Describir los parámetros que caracterizan los circuitos de acondicionamiento de señales biomédicas.
- Analizar y diseñar circuitos de acondicionamiento de señales biomédicas a partir de parámetros que lo caracterizan.

El sistema actual de prácticas de laboratorio de la asignatura Mediciones Electrónicas es el siguiente:

Prácticas Reales:

1. Voltímetros amperímetros, puentes de medida y errores en las mediciones.
2. Instrumentos de medida. El osciloscopio.
3. Transductores.
4. Medición de Impedancia de Electroodos.
5. Acondicionamiento de señal.

Prácticas Simuladas:

1. Voltímetros de AC y Puentes de medida.
2. Circuitos de acondicionamiento para transductores.
3. Medición y Caracterización de variables fisiológicas.
4. Determinación de los parámetros más importantes de las configuraciones amplificadoras.

En la estructura de la asignatura se tratan temas de gran interés para los estudiantes pero debido al déficit de componentes y de recursos presentados por los laboratorios de nuestra universidad, estos no se abordan con la profundidad debida, además de retomar temas ya impartidos por otras asignaturas malgastando las horas clases en ellos cuando deberían utilizarse en temas que tienen menos horas clases o en nuevos temas que no se imparten y que pueden ser útiles a los estudiantes.

Las prácticas de laboratorio tanto reales como simuladas tienen la característica especial de que el estudiante para poderlas realizar en el tiempo estipulado deben tener un nivel de práctica con los instrumentos y programas de simulación en general. Debido a la escasez de componentes existentes en la universidad se les hace imposible realizar esta preparación previa y por tanto no alcanza el tiempo para la realización de las mismas.

Otro factor que afecta la realización de las prácticas es la obsolescencia de los equipos instalados en los laboratorios, así como la continua presencia de fallos y errores en los propios, debido a este mismo factor. También existe el inconveniente de que las prácticas están diseñadas para componentes que ya no se encuentran disponibles en la Facultad por lo que los laboratorios se deben montar con componentes aproximados por lo que las mediciones realizadas en las prácticas no se corresponde con las del folleto entregado a los estudiantes.

Debido a los problemas presentados en los instrumentos para desarrollar los laboratorios y la escasez de componentes, así como la no existencia de los relacionados en los folletos existentes debemos rediseñar las prácticas existentes y diseñar nuevas prácticas que reflejen la realidad de los equipos disponibles y la verdadera existencia de componentes para su montaje.

Otro factor que afecta la calidad en el desempeño de la asignatura es que lo abordado en su programa analítico tiene un gran contenido de temas que se tratan en asignaturas antecedentes como Electrónica Analógica y otros en precedentes como Sensores, Sensores Avanzados y Bioinstrumentación que provocan que se le eliminen horas clases a algunos temas que no se abordan a lo largo de toda la carrera para dedicárselo a temas que se retoman en su totalidad por otras disciplina.

CAPÍTULO 2. IMPLEMENTACION DE LAS ACTIVIDADES PRÁCTICAS DE MEDICIONES ELECTRÓNICAS.

En el desarrollo del presente capítulo se abordarán temas de gran interés relacionados con la confección de las actividades prácticas, como son las mediciones que se realizan en cada una de ellas, la exactitud que deben tener y los rangos de medidas más utilizados. También se analizará el tiempo disponible para el desarrollo de cada actividad, así como la obtención de los resultados en el laboratorio y los que se pueden lograr luego por el estudiante.

Se hará mención de los distintos equipos y componentes electrónicos que se utilizan en las actividades, así como los diferentes simuladores que son empleados. Se dará una breve descripción de todos estos por separados (equipos, componentes y software) además de dar a conocer sus principales características, que no son más que rangos de medición y las posibilidades que brindan. En el epígrafe final de este capítulo, se hará una breve descripción de la estructura general de las actividades prácticas.

2.1 Necesidades y exigencias de los instrumentos.

En las prácticas de laboratorios se realizan mediciones tales como: el efecto de carga que puede poseer un circuito teniendo en cuenta a la impedancia del circuito, la determinación del error de un equipo de medición tomando como referencia un voltímetro digital, el análisis de la influencia de las resistencias internas del medio de medición en relación con el resistor interno del equipo, y otras. Para lograr efectuar estas mediciones y arribar a conclusiones con respecto

a sus resultados, se necesita que los instrumentos tengan la mayor exactitud posible a la hora de realizar las actividades. Los instrumentos deben tener una constante de escala variable para que las mediciones sean lo más exactas posibles (Valor de la menor división de la escala, para cada campo de medida utilizado; ecuación (1.2)) ya que en las prácticas se utilizan diferentes escalas en dependencia de los circuitos a analizar. Por tanto hay que analizar el tiempo que se le otorga al estudiante para la realización del laboratorio ya que no todos poseen la agilidad requerida para su culminación en el tiempo asignado y por lo tanto en este tiempo se debería lograr los objetivos fundamentales del laboratorio y dejar los secundarios para el estudio posterior. Se deben lograr los resultados prácticos necesarios para después sacar conclusiones al respecto; por otro lado se debería fomentar el alcance de los estudiantes a los laboratorios de la facultad con el objetivo de que concluyan el desarrollo del laboratorio y la adquisición de habilidades.

2.2 Equipos y componentes empleados en las prácticas de laboratorio real.

A continuación se muestran los distintos equipos, componentes y paquetes de software que son necesarios para el desarrollo de las actividades prácticas, donde se hace una breve descripción de los mismos, teniendo en cuenta sus principales características y ventajas.

2.2.1 Tablero de pruebas (Breadboard).

La Breadboard DAC-457000 combina con la más alta calidad, el experimento analógico con el experimento digital. Está provisto con un tablero trasladable, 2 displays digitales de LEDs de 7 segmentos y un altavoz de 0,25 W. Su función versátil hace innecesario que los usuarios tengan que complementar por otros métodos el experimento. En pocas palabras, es ideal para los estudiantes con carreras cercanas a la electrónica y los circuitos como es la Ingeniería Biomédica[8].

Especificaciones:

Contiene 2820 puntos interconectados en una placa de níquel, donde se conectan las componentes, con la ventaja de que pueden cambiarse y reemplazarse en

dependencia del circuito que se pretende montar para su comprobación. Los componentes pueden tener una separación entre sus patas de alambre sólido de 0,3 a 0,8 mm, factor indispensable para diseños que contengan circuitos integrados[8].

Este tablero de prueba contiene diferentes bloques que se emplean en la comprobación de los circuitos, entre ellos se encuentra:

- Fuente de Voltaje:
 - ✓ DC salida (fijo): +5 V, 1 A y -5 V, 1 A.
 - ✓ DC salida (variable): 0 V a +15 V, 1 A.
 - ✓ DC salida (variable): 0 V a -15 V, 1 A.

- Potenciómetros:
 - ✓ Resistor variable de 1 k Ω .
 - ✓ Resistor variable de 100 k Ω .

- Generador de funciones:
 - ✓ Tipos de ondas: cuadrada, triangular y sinusoidal.
 - ✓ Rangos de frecuencia:
(1 Hz–10 Hz, 10 Hz–100 Hz, 100 Hz–1kHz, 1 kHz–10 kHz, 10 kHz – 100 kHz.)
 - ✓ Amplitud: 0 – 10 Vp-p.

- Adaptadores:
 - ✓ Tipo Banana (2).
 - ✓ Tipo BNC (2).

- Conmutadores de pulsos (2).

- Conmutadores de datos (16):
 - ✓ Posición 0 representa un 0 lógico (0 V).
 - ✓ Posición 1 representa un 1 lógico (5 V).

En la fig. 2.1 se muestra la presentación del tablero de pruebas (Breadboard DAC-457000) donde se puede observar la disposición de las diferentes partes para el montaje y prueba de los circuitos que se deseen implementar en el mismo.

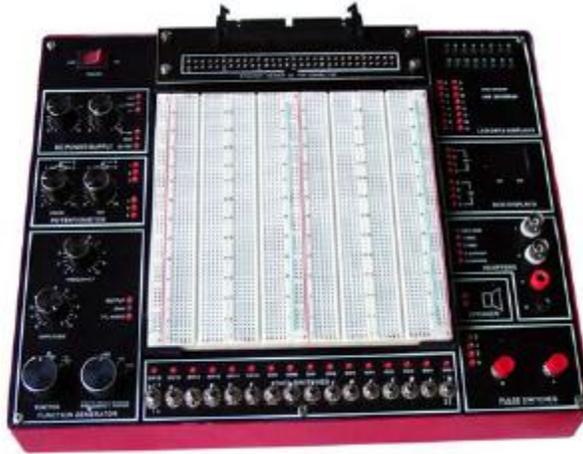


Figura2.1. Breadboard DAC-457000.

2.2.2 Multímetro Digital (UT-804)

El Multímetro Digital UT804 es del tipo de instrumento que se emplea para un puesto de trabajo fijo, presenta una estructura firme y de fácil manejo para el personal que lo emplee. Este es un instrumento que contiene auto-escalado, factor de gran ventaja en los equipos de medición. Además, este multímetro no mide solamente voltaje y corriente AC, sino que es capaz de efectuar mediciones de voltaje y corriente DC, valores de resistencia, capacitancia, temperatura, frecuencia, comprobación de diodos y continuidad. Estas mediciones se llevan a cabo empleando los conectores (puntas) que este trae incluido. Este equipo puede alimentarse conectado directamente a la corriente (AC 110 V/60 Hz) o usando 6 baterías de 1,5 V. Está estructurado por un display LCD, los terminales de salida, un interruptor rotativo mediante el cual se selecciona la opción que nos posibilita realizar la medición deseada[9].

Los botones funcionales se describen en la Tabla 2. 1.

Tabla 2. 1. Descripción de los diferentes botones.

Botón	Descripción
SELECT	Seleccionar cualquier función alternativa del interruptor rotativo.
RANGE	Seleccionar el intervalo de la entrada.
STORE	Guardar el valor de lo medido.
RECALL	Buscar el valor guardado.
SETUP	Pasar a una nueva selección.
SEND	Dar salida al dato.
MAX/MIN	Visualizar el máximo y el mínimo en la medición que se realiza.
HOLD	Mantener en pantalla el valor obtenido.
EXIT	Salir.

En la Tabla 2.2 se hace mención a algunas de las especificaciones básicas del equipo.

Tabla 2. 2. Especificaciones del Multímetro Digital UT-804.

Función	Rango
Voltaje DC	0 a 1000 V
Voltaje AC (rms)	0 a 1000 V, 100 kHz (ancho de banda)
Tolerancia	Voltaje DC: 0,025% Corriente AC: 0,4%
Corriente DC	0 a 10 A (5~10 A por ≤ 10 s)
Corriente AC (rms)	0 a 10 A (5~10 A por ≤ 10 s)
Resistencia	0 a 40 M Ω
Capacitancia	0 a 40 mF
Frecuencia	0 ~ 400 MHz
Temperatura	-40 °C ~ 1000 °C

En la fig. 2.2 se muestra la presentación del multímetro Digital UT804 donde se puede observar la disposición de los diferentes conectores para la medición de los diferentes parámetros como voltaje, corriente, resistencia, etc. También se observa el selector de escala donde se puede seleccionar el parámetro a medir, entre otras partes importantes del equipo.



Figura 2.2 Multímetro Digital UT-804.

2.2.3 Osciloscopio Digital (AT-7328S)

El Osciloscopio Digital AT7328S (Atten Instruments) es otro de los equipos electrónicos que es utilizado en el desarrollo de estos laboratorios, ya que forma parte de los instrumentos más importantes de medida que existen actualmente en el mundo de la electrónica. Este representa gráficamente las señales eléctricas que le llegan, las cuales pueden variar en el tiempo, pudiéndose observar en la pantalla muchas más características de la señal que las obtenidas con cualquier otro instrumento de medición.

Este instrumento cuenta con dos canales de medición, los cuales pueden trabajar de forma independiente o simultánea, es decir podemos observar en la pantalla las gráficas correspondientes a cada canal en un mismo eje de coordenadas, lo cual constituye una ventaja a la hora de realizar análisis entre dos señales a la vez. Ambos canales cuentan con dos tipos de controles en general, los cuales se

utilizan como reguladores ajustando la señal de entrada, y permiten, consecuentemente, medir en la pantalla. El primer control regula el eje X (horizontal) y aprecia fracciones de tiempo (segundos, milisegundos, microsegundos). El segundo control regula el eje Y (vertical) controlando la tensión de entrada (V, mV, μ V). Se debe aclarar que dichas escalas determinan el valor de las cuadrículas que dividen la pantalla, que mediante un simple cálculo nos permiten conocer el valor final de la señal a medir, tanto en tensión como en frecuencia[7].

Este equipo también incluye controles para el desplazamiento vertical y horizontal de la señal, así como un control para ajustar la intensidad y el foco de la señal en la pantalla, permitiendo una mejor visualización.

La importancia del osciloscopio está dada por la gran cantidad de actividades que se pueden realizar con este, a continuación se hacen referencias a algunas de ellas:

- Determinar directamente el período y el voltaje de una señal.
- Determinar indirectamente la frecuencia de una señal, aunque en este modelo se puede medir la frecuencia automáticamente.
- Determinar qué parte de la señal es DC y cuál es AC.
- Localizar averías en un circuito.
- Medir el desfasaje entre dos señales.
- Determinar qué parte de la señal es ruido y como varía este en el tiempo.

2.2.4 Fuente DC Regulable (XJ17432L)

Constituye otro de los instrumentos que se emplean en la elaboración de las actividades prácticas. La Fuente DC Regulable XJ17432L, brinda la posibilidad de obtener distintos valores de voltajes y corrientes que son necesarios muchas veces para la alimentación de circuitos que se desean comprobar. Este equipo cuenta con dos canales, que pueden funcionar de manera independiente, en serie o en paralelo. Incluye un sistema de controles para cada canal, basados en potenciómetros, los cuales son los encargados de regular los valores de salida, ya

sean de voltaje o corriente según sea necesario. Además, presenta dos escalas que muestran el valor ajustado mediante los controles para cada canal[18].

En la Tabla 2.3 quedan, de manera resumida, las especificaciones básicas en cuanto a los rangos de salida que se pueden obtener de esta fuente regulable:

Tabla 2. 3. Rangos de salida de voltajes y corrientes.

Canales	Rangos de salida (voltaje-corriente)
CH1/CH2 (Independiente)	0~30 V / 0~6 A ; 0~60 V / 0~3 A
CH1/CH2 (Serie)	0~60 V / 0~6 A ; 0~120 V / 0~3 A
CH1/CH2 (Paralelo)	0~30 V / 0~12 A ; 0~60 V / 0~6 A
CH3	0~5 V / 3 A

2.2.5 Generador de señales (XJ1633).

Un Generador de Funciones es un aparato electrónico que produce ondas sinusoidales, cuadradas y triangulares, además de crear señales tipo TTL. Este generador de funciones específicamente, trabaja en un rango de frecuencias de entre 0,2 Hz a 2 MHz. También cuenta con una función de barrido, la cual puede ser controlada tanto internamente como externamente con un nivel de DC. El ciclo útil, nivel de offset en DC, rango de barrido y la amplitud y ancho del barrido pueden ser controlados por el usuario[6].

2.2.6 Metro RLC XJ2811C.

El Multímetro RLC XJ2811C es del tipo de instrumento que se emplea para un puesto de trabajo fijo, presenta una estructura firme y de fácil manejo para el personal que lo emplee. Este equipo está estructurado para la medición de capacitancias, inductancias y resistencias, siendo superior a los más comunes, que permiten solamente la medición de valores de resistencia. Estas mediciones se llevan a cabo empleando los conectores (puntas) que este trae incluido. Este

equipo se alimenta conectado directamente a la corriente (AC 110 V/60 Hz o 220V 60 Hz) seleccionando el voltaje de alimentación por la posición en que se encuentre el selector. Está compuesto por dos pantallas LCD, los terminales de salida, varios interruptores de membrana mediante los cuales se selecciona la opción de la medición que se desea realizar.

En la Tabla 2.4 se hace mención a algunas de las especificaciones básicas del equipo.

Tabla 2. 4. Especificaciones Generales del Metro RLC XJ2811C.

Parámetro	L-Q/C-D/R-Q		
Frecuencia Exactitud $\pm 0.1\%$	100Hz, 1KHz, 10KHz		
Nivel de la Señal. Exactitud básica	0.3Vrms aproximadamente $\pm 0.25\%$		
Rango de los Displays	L	100Hz	1 μ H-9999H
		1kHz	0.1 μ H-999,9H
		10kHz	0.01 μ H-99.99H
	C	100Hz	1pF-9999 μ F
		1kHz	0.1pF-999,9 μ F
		10kHz	0.01pF-99,99 μ F
	R	0.0001 Ω -999,9M Ω	
	D,Q	0.0001-9999	
	Velocidad de la	3 segundos aproximadamente	

Medición.	
Modos de Medición.	Modo serie y modo paralelo
Modo	Auto-Hold
Terminales	4 terminales 1 tierra.
Display	LEDS
Temperatura de Operación	0°C a 40°C
Temperatura de Almacenamiento.	-20°C a 80°C
Consumo	15 W
Requerimiento de Energía.	110 V AC, 50\60Hz

En la fig. 2.3 se muestra la presentación del Metro RLC XJ2811C donde se puede observar la disposición de los diferentes conectores para la medición de los diferentes parámetros como resistencia (R), inductancias (L) y capacitancias (C). Se observa las diferentes partes donde se puede seleccionar el parámetro a medir, la frecuencia, el conector para la calibración, entre otras partes importantes del equipo[19].

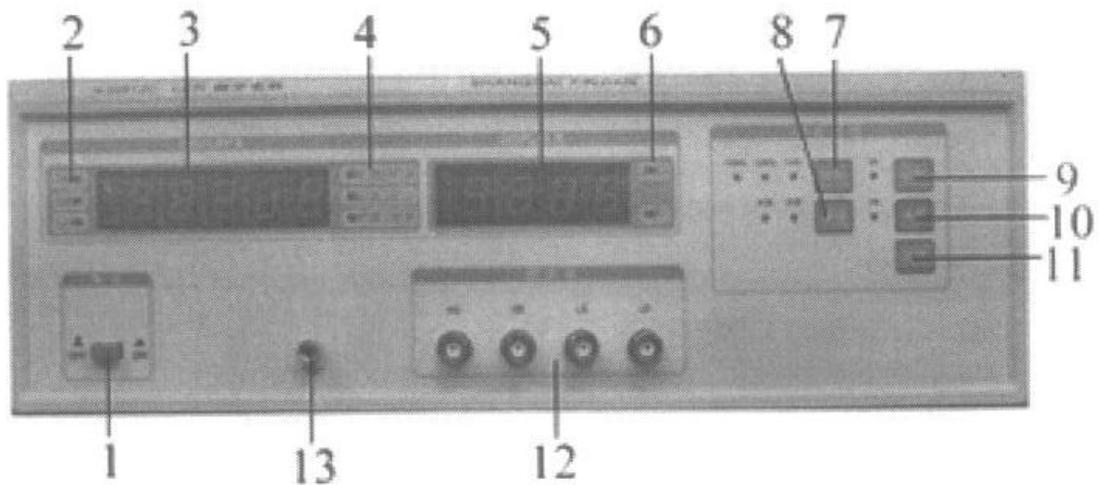


Figura 2.3 Metro RLC XJ2811C.

1. Interruptor de encendido.
2. Indicador L/C/R.
3. Display Maestro.
4. Indicador Inductancia μH , mH , H .
Indicador Capacitancia pF , nF , μF .
Indicador de Resistencia Ω , $\text{K}\Omega$, $\text{M}\Omega$.
5. Display Secundario.
6. Indicador de factor de calidad (Q).
Indicador de factor de disipación (D).
7. Selección de Frecuencia.
8. Selección Paralelo/Serie.
9. Selección de rango.
10. Poner a coro el display.
11. Selección L/C/R.
12. Terminales de salida.
13. Terminal de tierra.

2.2.7 Componentes electrónicas que se emplean.

Los distintos dispositivos electrónicos que se utilizan en el montaje de las actividades prácticas se pueden dividir en dos grupos. En uno de estos se encuentran los modelos de los componentes propios de las diferentes herramientas computarizadas de ayuda al diseño que son utilizadas, y el otro grupo contiene aquellos componentes reales que se necesitan en algunos de los laboratorios, tales como resistores, capacitores de diferentes tipos y valores, transistores para distintos fines y de diferente polaridad (PNP y NPN), diodos, amplificadores operacionales presentes en circuitos integrados[12].

2.2.7.1 Simuladores electrónicos.

Para diseñar, analizar y comprobar el funcionamiento de los distintos circuitos que conforman estas prácticas no sólo existe la vía experimental de forma real, sino también la virtual. Es por eso que se hace necesario el empleo de diferentes paquetes computacionales diseñados para este fin, que permiten al estudiante interactuar con el diseño, de forma simulada, y por tanto adquirir mayores conocimientos para su vida como profesional en el campo de la electrónica.

El software que se utiliza en la carrera de Ingeniería Biomédica es el Multisim 10.1, pero también se pueden usar otros como el Tina TI 7.0, el LTspice VI.

Multisim 10.1

Este es un software diseñado por National Instruments Circuit Design Suite. Constituye una herramienta ampliamente usada en el campo profesional, gracias a su potente entorno interactivo. No requiere de un conocimiento amplio en simulación, ni una amplia experiencia en el uso de herramientas de este tipo. Con Multisim se realiza la captura, simulación y postprocesado de los distintos esquemas que sean diseñados, lo que elimina los altos costos de realizar el diseño en múltiples etapas repetitivas, asegurando la calidad del mismo[23].

Presenta innumerables ventajas en cuanto a otros programas. Es necesario destacar la facilidad de manejo que este presenta debido a que se puede trabajar

en él de forma intuitiva, por su fácil presentación, mediante las diferentes simbologías como se muestra en la fig. 2.4.

Button	Description
	Place Source button. Selects the Source components group in the browser.
	Place Basic button. Selects the Basic components group in the browser.
	Place Diode button. Selects the Diode components group in the browser.
	Place Transistor button. Selects the Transistor components group in the browser.
	Place Analog button. Selects the Analog components group in the browser.

Figura 2.4. Botones con su descripción.

Proporciona varios instrumentos virtuales (multímetro, generador de funciones, osciloscopio, wattímetro, analizador de red, analizador de distorsión, entre otros) que se usan para medir la conducta de los circuitos. Se debe destacar que estos instrumentos se parecen a algunos de los que pueden existir en un laboratorio de electrónica. Usando los instrumentos virtuales es la manera más fácil para examinar la conducta de un circuito y mostrar los resultados de una simulación sin necesidad de construir el circuito físicamente o usar los instrumentos reales.

El Multisim 10.1 incluye diferentes opciones para el análisis del comportamiento de un circuito. Dentro de estas técnicas se encuentran: el análisis AC, que es usado para calcular la respuesta de frecuencia de circuitos lineales; el análisis transitorio, empleado para calcular la respuesta del circuito en función del tiempo; el análisis de ruido, que calcula la contribución del ruido de cada componente al rendimiento del circuito; y el barrido paramétrico, que se emplea para obtener la respuesta del circuito en función de la variación de un parámetro cualquiera.

Tina TI 7.0

Desarrollado por Texas Instruments, constituye un poderoso, económico y asequible paquete de software para la ayuda al diseño, el análisis y la

comprobación en tiempo real de circuitos electrónicos, ya sean analógicos, digitales o mixtos, específicamente aquellos que incluyen en su diseño circuitos integrados. Este programa presenta características únicas para emplearse en el ambiente de entrenamiento, ya que incluye herramientas específicas para probar los conocimientos de los estudiantes, supervisando el progreso e introduciendo técnicas para la solución de problemas.

Entre los tipos de análisis de comportamiento que se pueden realizar con este simulador se pueden mencionar el análisis DC y AC, transitorio, de Fourier, de ruido, de Monte Carlo, así como análisis del peor de los casos. También da la posibilidad de realizar simulaciones digitales, debido a que el programa presenta un rápido y poderoso simulador para este tipo de circuitos específicamente, que permite rastrear paso a paso el funcionamiento del diseño, tanto hacia delante como hacia atrás, y llevar a cabo el análisis lógico. Una ventaja que presenta este software es que puede ir más allá de la simulación, o sea, cuando el hardware suplementario del mismo se instala en la computadora, las herramientas poderosas de Tina pueden hacer las medidas en tiempo real en los circuitos reales y desplegar los resultados en sus instrumentos virtuales.

LTspice VI

El LTspice VI constituye un programa desarrollado por Linear Technology, específicamente para la ayuda al diseño y el análisis del comportamiento de los diferentes sistemas que operan a altas frecuencias, como los reguladores conmutados, lo cual sería imposible de realizar con otros simuladores comerciales existentes, o tardarían mucho tiempo las simulaciones.

Este software permite realizar la simulación de los distintos diseños especificando el tipo de análisis, entre los cuales están el análisis transitorio, análisis de frecuencias o análisis AC, análisis de ruido, barrido DC, análisis del punto de operación y de la función de transferencia. Otra característica que presenta el LTspice IV es que permite obtener el reporte de eficiencia del esquema diseñado, mediante el cual se puede saber la potencia disipada por cada componente, así como el valor de la eficiencia del circuito expresada en por ciento (%). Con el uso

de este software también se puede obtener el listado de los componentes electrónicos que se emplean en cualquier diseño, ofreciendo la posibilidad de cambiarlos por componentes reales utilizando los diferentes catálogos incluidos en el LTspice IV, lo cual resulta ventajoso a la hora de realizar un diseño, ya que las mediciones de voltajes y corrientes, así como las simulaciones del circuito darán una idea muy semejante al funcionamiento real del sistema[20][21][22].

2.3 Diseño de las actividades prácticas.

El presente epígrafe abordará aspectos que se tienen en cuenta en la confección de las actividades, así como la estructura general que tendrán las mismas.

2.3.1 Estructura general de las actividades prácticas.

En cuanto a la estructura de los laboratorios, primeramente se debe tener en cuenta que la confección de estos es con fines educativos, ya que van a formar parte de manera complementaria en una de las asignaturas que conforman el programa de la carrera de Ingeniería Biomédica. Debido a todo esto, en la elaboración de cada actividad se tiene en cuenta cómo enfocar los distintos ejercicios hacia el estudiante, o sea, los laboratorios estarán compuestos por varios ejercicios con diferentes niveles de complejidad en orden ascendente, pero confeccionados de manera que si el estudiante sólo llega a completar un ejercicio o dos, este logre cumplir los objetivos del tema correspondiente a la práctica, quedando los demás ejercicios para que el estudiante profundice y obtenga mayores conocimientos.

Las actividades prácticas contarán con una estructura formada por un título, que será breve y específico en cuanto al contenido de la práctica y una introducción, en la que se orientará una preparación previa al estudiante de la técnica operatoria, así como del estudio de la bibliografía correspondiente al tema. Además, se incluye el objetivo a cumplir con la realización de la actividad, el cual es único y general; la presentación de los instrumentos y componentes a emplear, que debe ser detallada para permitir la preparación del laboratorio; la técnica operatoria a desarrollar por el estudiante, compuesta por los ejercicios propuestos, redactada de manera concreta y explícita; así como la orientación para la

realización del informe, para entregar al profesor cuando este lo exija. En la figura 2.5 se muestra un esquema que describe lo anterior.



Fig. 2.5. Esquema de la estructura general de las actividades prácticas.

2.4. Sistema de Prácticas de Laboratorio de la asignatura Mediciones Electrónicas.

En los laboratorios de la facultad de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Central Marta Abreu de la Villas, dónde se imparte la carrera de Ingeniería Biomédica, se cuenta con una amplia gama de equipos electrónicos y software para la simulación de circuitos los cuales no se explotan del todo fundamentalmente por déficit de componentes reales y por déficit de recursos en las PC. También pesa en esto la falta de tiempo destinado a la profundización en temas más acordes con la asignatura Mediciones Electrónicas pues en ellas se dedica tiempo al estudio de contenidos que se retoman en asignaturas posteriores.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente capítulo se hace un análisis de las actividades prácticas, del empleo en cada una de ellas, del equipamiento electrónico y las herramientas computarizadas de ayuda al diseño. También se dan a conocer algunas recomendaciones y comentarios que se deben tener en cuenta para una mejor realización de los laboratorios, y por tanto, para que haya un mayor aprovechamiento de los mismos por parte de los estudiantes.

3.1 Prácticas de laboratorios implementadas.

Dentro de este epígrafe se abordara las nuevas prácticas introducidas en la asignatura, su descripción y otros aspectos importantes de estas.

Prácticas implementadas:

Laboratorio Real 1: Tipos de instrumentos y errores en los datos experimentales.

Laboratorio Real 2: Diseño De Voltímetros con Mecanismo D´Arsonval.

Laboratorio Real 3: Medición de resistencias, capacitancias e inductancias. Diseño de óhmetros.

Laboratorio Real 4: Multímetros Digitales.

Laboratorio Real 5. Uso de Osciloscopios.

Laboratorio Real 6: Medición de frecuencia y fase. Osciloscopios.

Laboratorio Simulado1: Uso de MATLAB y Excel para apoyar las mediciones.

Laboratorio Simulado2. Amperímetros y voltímetros.

Laboratorio Simulado3: INSTRUMENTOS DIGITALES Y SU USO.

3.2 Análisis de las prácticas de laboratorios.

El nuevo sistema de prácticas implementadas son de manera general nuevas en su totalidad ya que las que existían anteriormente respondían a los temas existentes anteriormente en la asignatura; dado que estos temas se eliminaron en su totalidad y se confeccionaron nuevos temas se desarrollaron estas.

En el epígrafe 3.4 se mencionan los temas eliminados así como los nuevos donde se observa que los nuevos laboratorios responden a los objetivos de cada tema de forma general e individual.

El Laboratorio Real 1 y el Laboratorio Simulado 1 se diseñaron de forma que respondan al primer tema de la asignatura, en ellos los estudiantes interaccionan con los tipos de instrumentos que se pueden encontrar en la vida laboral a lo largo de su desempeño como profesionales así como los principales errores que se cometen con estos a la hora de realizar una medición.

Los Laboratorios Reales 2 y 3 así como el Laboratorio Simulado 2 responden de manera directa al tema dos, en ellos se desarrollan las habilidades sobre el uso y el funcionamiento de los instrumentos analógicos.

Los Laboratorios Reales 4, 5, 6 y el Laboratorio Simulado 3 están enfocados en el tema 3 del P1 de la asignatura donde los estudiantes interaccionan con los instrumentos su funcionamiento, usos y aplicaciones para así potenciar sus habilidades en el transcurso de la carrera.

Otro de los aspectos que se analizarán dentro de este epígrafe es la utilización de los instrumentos electrónicos (osciloscopio, tablero de pruebas, fuente regulable DC, generador de señales y multímetro digital) disponibles en la facultad, para la realización de las actividades prácticas reales de la asignatura Mediciones Electrónicas.

La **Tabla 3. 1** muestra la frecuencia de utilización de estos equipos.

Tabla 3. 1 Empleo de los instrumentos en los diferentes laboratorios.

Instrumentos Electrónicos	Lab. Real 1	Lab. Real 2	Lab. Real 3	Lab. Real 4	Lab. Real 5	Lab. Real 6
Osciloscopio.					X	X
Multímetro Analógico.	X	X	X			
Breadboard.		X	X	X		
Fuente.		X		X	X	
Generador.					X	X
Multímetro Digital.	X	X	X	X		
Metro RLC			X			

De la tabla anterior se obtiene el gráfico de la figura.3.1, donde queda mostrado de una manera más representativa la utilización de los instrumentos electrónicos en la puesta en práctica de los laboratorios reales. Analizando esta figura nos damos cuenta que el estudiante tiene una interacción continua con los distintos equipos utilizados en el campo de la electrónica, lo cual posibilita que estos obtengan habilidades de trabajo con los mismos. Este aspecto es de vital importancia, ya que el estudiante como futuro profesional de esta rama, se verá obligado a emplear estos instrumentos en distintas situaciones de su vida laboral,

cumpléndose así uno de los objetivos de la asignatura, y por ende de la carrera.

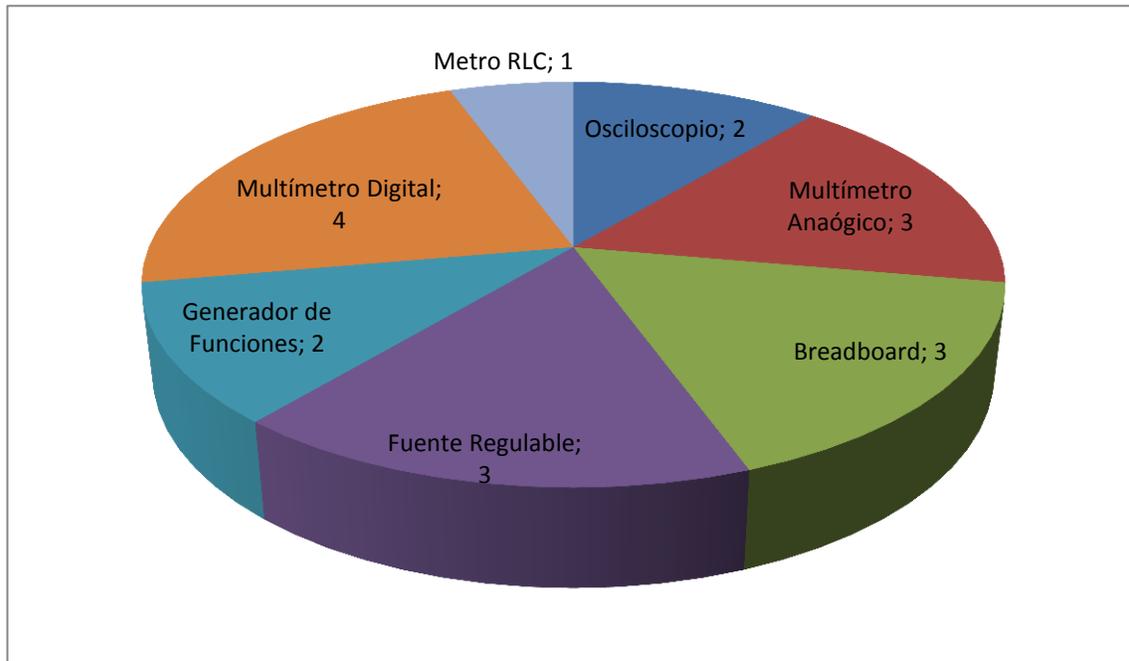


Figura.3.1: Frecuencia de uso de los Instrumentos por Laboratorios.

3.3 Comentarios y recomendaciones de las prácticas de laboratorios.

Existen algunos problemas que llevan a que las actividades prácticas simuladas no se realicen con el grado de satisfacción y calidad que se pretende, e impiden que el estudiante pueda sacar un mayor provecho de cada laboratorio.

Uno de estos inconvenientes es el problema presentado con las computadoras que existen actualmente en el laboratorio de estudiantes L-106, debido a que estas no cuentan con los requerimientos óptimos de *hardware* para trabajar con los distintos simuladores a pesar de que los aquí seleccionados corren aceptablemente en las máquinas disponibles en este momento. La mayor afectación es por la limitada capacidad instalada de memoria *RAM*, la que debiera tratar de incrementarse en el futuro en la mayoría de las máquinas ya que en estos momentos se cuenta con 3 máquinas que soportan y corren sin dificultad los programas necesarios para la realización de los laboratorios.

Establecer tiempos de máquina adicionales para la asignatura y utilizar los mismos para que los estudiantes mejoren sus habilidades en el Multisim y puedan realizar las tareas previas, además de emplear, cuando sea factible, versiones de *software* para estudiantes, más ligeros y con menos exigencias computacionales.

Otro problema, pero en este caso asociado a las prácticas reales, que se presenta a menudo a la hora de llevar a cabo la técnica operatoria correspondiente, es la rotura o mala calibración de los distintos equipos electrónicos que serán empleados, cuya situación ocasiona pérdidas de tiempo y que constituye un factor negativo hacia el estudiante. Para tratar de eliminar esta dificultad se recomienda realizar una revisión detallada, por parte del técnico de laboratorio, de cada uno de los equipos que se utilizarán, y de ser posible confeccionar de forma casera un conjunto de destornilladores que serían repartidos por puestos de trabajo, con fines de que el propio estudiante realice la calibración del instrumento en caso necesario; como es el caso del osciloscopio que permite la calibración mediante un potenciómetro ubicado en su interior y solo se puede acceder a él mediante un destornillador.

Otro aspecto negativo la hora del desarrollo del laboratorio es que no existen componentes de repuesto en caso de rotura lo que ocasiona que el puesto de trabajo quede inhabilitado para continuar con la práctica, por lo que se recomienda que existan componentes para resolver estos posibles casos; comprobar que existan tomacorrientes necesarios para poder realizar los laboratorios con la mayor cantidad de instrumentos posibles; crear puestos de trabajo donde exista espacio suficiente para colocar los instrumentos y componentes, así como espacio suficiente para que los estudiantes estén desahogados.

También hay otros aspectos secundarios, que influyen negativamente en la calidad de la ejecución de las prácticas de laboratorio. Ejemplo de esto es la falta de preparación previa por parte de los estudiantes acerca de la práctica a realizar. Para evitar esto se recomienda que el profesor oriente un estudio previo de la actividad práctica que se realizará (incluyendo la bibliografía relacionada al tema del laboratorio), y que se realicen evaluaciones que dependan directamente de

este estudio, y que las mismas se tengan en cuenta en la evaluación final de la asignatura.

Otra dificultad presentada a la hora de la realización de los laboratorios es la poca experiencia de trabajo que tienen algunos estudiantes con los diferentes instrumentos electrónicos, lo cual trae como resultado que estos no puedan terminar la técnica operatoria correspondiente en el tiempo establecido. Con el fin de eliminar esto se recomienda habilitar el acceso al laboratorio en horario extra, durante el cual el estudiante pueda practicar y adquirir mayores habilidades con los equipos, así como terminar, si lo desea, aquellos ejercicios que no logró resolver durante la clase. Esto debe hacerse de forma organizada y debe llevarse un registro del uso de esta posibilidad que puede ser obligatoria para algunos estudiantes.

3.4 Resultados de la utilización de las prácticas de laboratorios.

Con la realización de esta tesis se obtuvo como principal resultado la eliminación de temas de la asignatura que se retoman en otras materias propias de la carrera para así facilitar la profundización en aquellos propios de Mediciones Electrónicas. La asignatura estaba constituida anteriormente por cinco temas de los cuales se eliminaron cuatro y se conservó uno que en unión de otros dos conforman el nuevo programa de la asignatura.

Temas eliminados:

1. Principios Básicos Sobre Transductores.
2. Conceptos Básicos sobre Bioinstrumentación.
3. Biopotenciales y Electroodos.
4. Amplificadores para Biopotenciales.

Temas Implementados:

1. Introducción a las Mediciones Electrónicas. Errores y Ruidos en las Mediciones.
2. Instrumentos Analógicos.
3. Instrumentos Digitales.

La eliminación de temas condujo a la eliminación de los laboratorios reales y simulados correspondientes. La confección de manera íntegra de todos los laboratorios, con los que se logra una mejor correspondencia con el programa diseñado establecido, potencia la adquisición de habilidades de los estudiantes y aumenta la interacción de los mismos con equipos que permanecían guardados en los almacenes (metro RLC) y que no se utilizaban en el plan de actividades anterior en el cual no se le dedicaba un espacio por cuestión de tiempo. En la nueva reestructuración se retoman todos los equipos disponibles en la facultad relacionados con la asignatura para dedicarle un espacio para su estudio.

Empleando como base la realización de las actividades prácticas por estudiantes de tercer año actual de la carrera de Ingeniería Biomédica, se pudieron obtener resultados relacionados con el nivel de complejidad de cada práctica entre los propios estudiantes, y el tiempo promedio que demoran en completar el laboratorio, demostrándose así la utilidad que presentan estas actividades para el aprendizaje. Se debe aclarar que las prácticas que fueron desarrolladas por este grupo de estudiantes estuvieron sujetas a cambios durante la elaboración de esta tesis, en busca de mejorar su contenido y estructura.

De manera individual cada práctica arrojó una serie de resultados que mostraremos a continuación:

Práctica Real 1 Tipos de instrumentos y errores en los datos experimentales.

En la realización de las mediciones se produjo una serie de errores a la hora de la medición que se demuestran en las siguientes figuras. (R1=120 y R2=240).

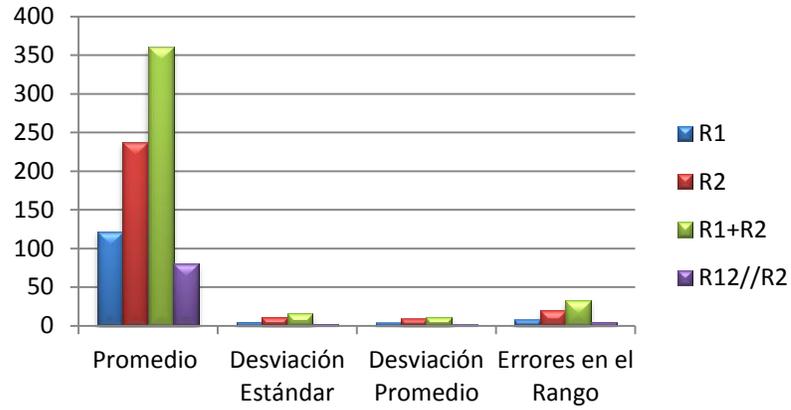


Figura. 3.2: Valores Medidos (KΩ)

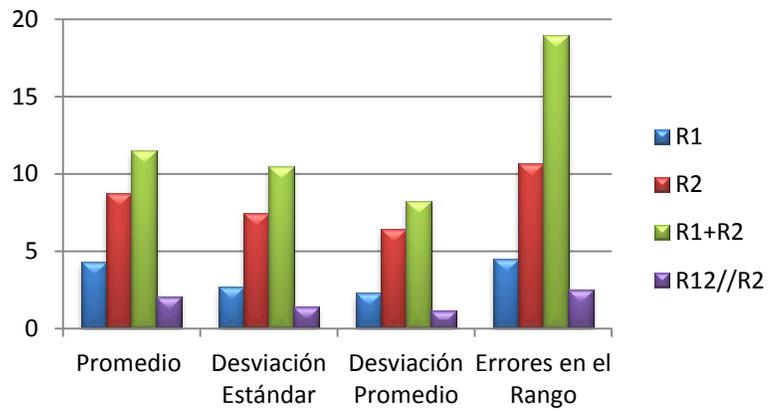


Figura.3.3: Errores Absolutos (KΩ)

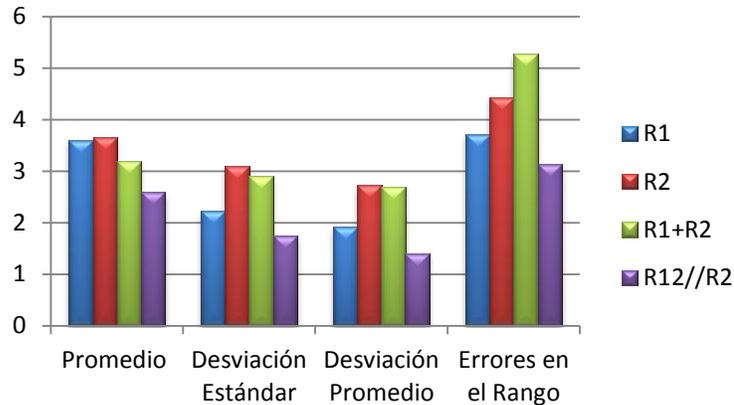


Figura.3.4: Errores Relativos (%)

Práctica Real 2: Diseño de voltímetros con Mecanismo D'Arsonval.

En la ejecución de las mediciones se observó que a la hora de implementar el mecanismo D'Arsonval la medición no se corresponde con la que se calculó teóricamente debido principalmente a las tolerancias de los resistores; se observó también que a la hora de la comparación de las mediciones del multímetro digital con el del multímetro analógico se obtuvo diferencias debido al efecto de carga de la resistencia interna, efecto de paralaje y otros.

Práctica Real 3 y 4: Medición de resistencias, capacitancias e inductancias. Diseño de óhmetros. Multímetros Digitales. Respectivamente.

En la elaboración de estas tareas se observaron diferencias en la realización de las mediciones debido principalmente a errores producidos fundamentalmente por el efecto de poner el cuerpo en paralelo con los componentes a medir lo que influye en que el valor medido no sea el real ya que el cuerpo humano tiene una resistencia interne determinada y al poner esta en paralelo o en serie con el componente a medir el resultado es erróneo, un tanto también la no preparación de los componentes para su medición (Capacitores) ya que no se reactivan después de un largo período de inactividad; es decir que los condensadores al transcurrir un periodo prolongado de inactividad estos se desactivan es decir las placas y el dieléctrico que lo conforman pierden las propiedades eléctricas por las

cuales se escogieron para su fabricación y por tanto a la hora de realizar las mediciones de los mismos estos no dan una lectura correcta por lo que es necesario que los mismos antes de ser sometidos a una medición se le suministre un voltaje (unos voltios por debajo del especificado por el fabricante) continuo por un tiempo determinado con el objetivo de que el dispositivo recupere sus propiedades eléctricas y así se obtendrá un resultado correcto.

Práctica Real 5 y 6: Uso de Osciloscopios. Medición de frecuencia y fase. Osciloscopios. Respectivamente.

La principal deficiencia encontrada en la realización de estos laboratorios fue los errores cometidos debido a la mala calibración de estos equipos, así como a roturas en los mismos y las puntas de pruebas.

En su totalidad las prácticas se desarrollaron de manera que se logró que los estudiantes lograran cumplir los objetivos de la asignatura. Sin embargo, para facilitar el cumplimiento de los propósitos se necesita que el estudiante venga con una mayor preparación previa a los laboratorios. También se recomienda que en el caso de los laboratorios reales los puestos de trabajo solo se habiliten con los instrumentos que se usarán en la práctica para así facilitar el desempeño de los estudiantes y no se disocien con la presencia de los demás equipos que no tienen que ver con la práctica del momento.

La mala calibración de los equipos es otro parámetro que atenta contra la calidad del desarrollo de la actividad ya que se pierde un tiempo considerable por parte de los estudiantes y del profesor para poner los mismos a punto para su empleo. Algo similar ocurre con los componentes que se emplean ya que muchos están defectuosos y los estudiantes se pierden con los resultados obtenidos debido a esto. De manera general los laboratorios reales se desarrollan de manera exitosa con los recursos disponibles en nuestra facultad.

Los laboratorios Simulados se desarrollan de manera que siempre el tiempo asignado resulte provechoso y alcance, pero existen elementos que atentan contra la calidad de los mismos. Un factor fundamental es el tiempo que en su mayoría no resulta suficiente debido por una parte a indisciplinas de los estudiantes que se

dedican a otras actividades que no tienen nada que ver con la actividad que se está desarrollando. Esto ocurre gracias a la facilidad de conexión a la Intranet y a sus enlaces que son fuente de disociación durante el turno asignado; por lo que sería de gran ayuda la eliminación de este servicio durante el desarrollo del laboratorio de no ser indispensable para el desarrollo de la actividad. Otro factor importante es la insuficiencia de las condiciones en que se encuentran nuestros recursos computacionales ya que la mayoría de las máquinas no cuentan con los requerimientos óptimos de hardware para correr los software que se emplean en las simulaciones por lo que algunas se demoran demasiado o simplemente no corren. Por otro lado se encuentran disponibles solo tres máquinas que si cumplen con las demandas que exigen los programas utilizados por lo que los estudiantes que utilizan las mismas siempre están por delante del resto del grupo lo cual provoca que terminen primero que los demás y por tanto propicie la conversación en el laboratorio.

En el caso de los laboratorios simulados los estudiantes pueden variar los instrumentos utilizados cumpliendo igualmente los objetivos del mismo ya que el software brinda una serie de instrumentos que realizan la misma función como es el caso de los multímetros, osciloscopios, etc. En dependencia de las utilidades que se encuentren instalados en la máquina y de los requerimientos con que cuente la misma ya que mientras más profesional sea el instrumento virtual seleccionado más recursos demandará de la PC, y no todas responden a dichas demandas del programa.

Analizando de manera general las distintas dificultades presentadas por los estudiantes en los laboratorios, se obtuvo como conclusión que todos cumplen con el nivel inferior de complejidad de los ejercicios, aproximadamente la mitad del grupo o un poco menos en algunas ocasiones logran vencer el nivel medio, y apenas 4 o 5 estudiantes completan la técnica operatoria correspondiente, llegando al nivel superior. La Figura 3. 5 muestra de una forma más representativa lo comentado anteriormente.

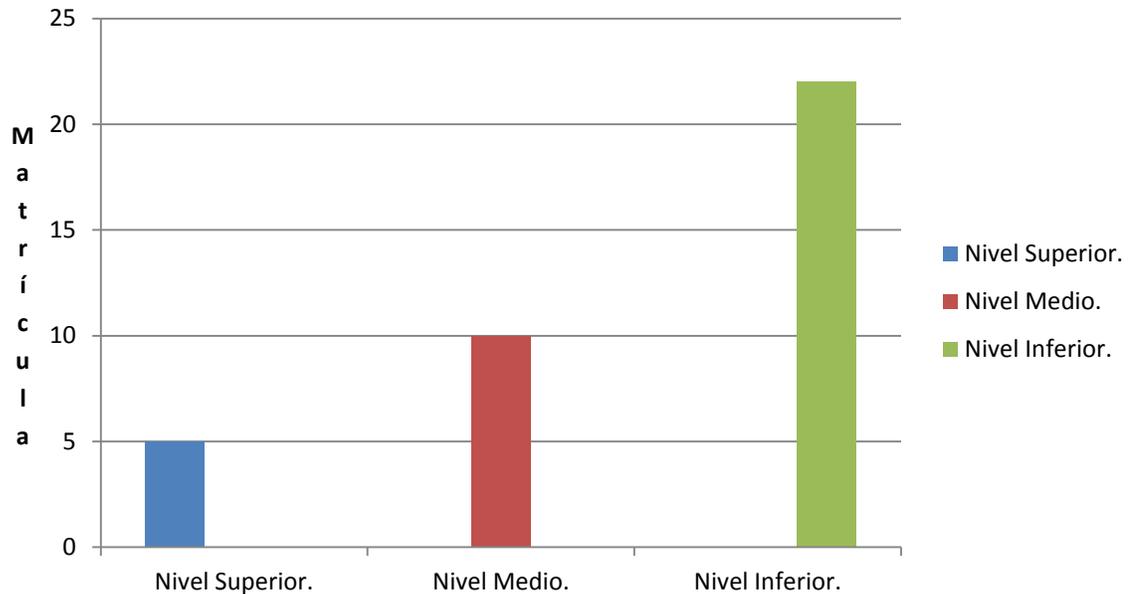


Figura 3. 5: Nivel de Complejidad de las Prácticas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES.

Conclusiones

- Con la realización de la tesis quedaron confeccionadas o modificadas las actividades prácticas de laboratorios reales y simulados para la asignatura de Mediciones Electrónicas en la carrera de Ingeniería Biomédica en la UCLV.
- El contenido de las actividades prácticas modificadas correspondiente a cada tema cumple con los requerimientos de aprendizaje de los estudiantes para su preparación como futuros profesionales.
- Al mejorar el balance de actividades prácticas dentro de la asignatura Mediciones Electrónicas se favorece la obtención de habilidades por parte de los estudiantes.

- El folleto elaborado con los detalles de las actividades prácticas, basado en los recursos disponibles (instrumentos, equipos, componentes, computadoras, paquetes de software), debe resultar de gran ayuda para la impartición de la asignatura.

Recomendaciones

- Publicar el folleto confeccionado, en el que quedan plasmadas las actividades prácticas de laboratorios diseñadas en la tesis, el cual servirá para facilitar el trabajo del profesor, así como el estudio de los estudiantes.
- Realizar una reproducción de este folleto y ubicarlo en la biblioteca de la facultad para que el estudiante pueda revisarlo antes de la clase correspondiente.
- Colocar una edición digital del folleto en la Plataforma Moodle donde el estudiante pueda acceder al mismo.
- Exigir preparación previa (pudiendo comprobar con una pregunta de entrada), e informe al final del laboratorio. Tener en cuenta las evaluaciones realizadas en el desarrollo de cada actividad práctica para la nota final de la asignatura.
- Crear condiciones para el estudio independiente de los estudiantes en los laboratorios reales, montando sus propios circuitos en tiempo extra.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Reguero_Gómez, A., *Modelo del Profesional*, Habana-Cuba, Editor 2005, p. 38
- [2] Reguero_Gómez, A., *Programas de Disciplinas_Ingeniería Biomédica.*, Habana-Cuba, Editor 2007, Comisión Nacional de Carreras: Habana-Cuba. p. 136.
- [3] Arias_Rodríguez, S., *Programa De la Disciplina Ciencias Básicas Biomédicas*, UCLV_FIE, 2005, p. 6.
- [4] *Universidad del Rosario , Descripción programa de Ingeniería Biomédica . 2011;*
<http://www.urosario.edu.co/admisiones/noticias/Destacadas/Ingeniería-Biomédica/>
- [5] Reguero_Gómez, A., *Programa de Ingeniería Biomédica, Habana-Cuba.*, 2005. p. 83.
- [6] *Operating Manual Function Generator XJ1633.* 2004.
- [7] Atten Instruments Corporation. *Operating Manual Oscilloscope AT-7328S.* 2006.
- [8] Corporation., S.E.S. *Instruction Manual DAC-457000 Digital and Analog Circuit Lab.* 2007.
- [9] Technology., U.-T. *Operating Manual Digital Multimeter UT-804.* 2006;
<http://www.uni-trend.com>.
- [10] López, F.A., *Resistencias: Clasificación de resistencias.*
- [11] Navarro, R.B., *Introducción y conceptos básicos de la instrumentación biomédica.* 2002

- [12] Perlaza, S.M.P., Laura Sandino., *Laboratorio de instrumentación básica. Tipos de resistencias.* 2002.
- [13] E. Rodríguez, "Enseñanza de la Ingeniería Biomédica en Cuba," *Sociedad Cubana de Bioingeniería*, 2003.
- [14] Prof. Ernesto Rodríguez Denis, DrSc-Prof. Francisco Fernández Pérez-Terán., "Mediciones Eléctricas", 2003.
- [15] I. J. H. Argañaraz, "Instrumentos de Medidas," ed. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR - DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELECTRICA Y DE COMPUTADORAS AREA 7 - LABORATORIO DE MEDIDAS ELECTRICAS 1, 2003.
- [16] (2011). *Descripción programa de Ingeniería Biomédica - Universidad del Rosario.*
<http://www.urosario.edu.co/admisiones/noticias/Destacadas/Ingeniería-Biomédica/>
- [17] R. B. Navarro, "Introducción y conceptos básicos de la instrumentación biomédica.," 2002.
- [18] (2004, Instruction Manual Laboratory DC Power Supply XJ17432L.
- [19] Manual Usuario del Metro LCR XJ2811C.
- [20] J. L. U. s. Group. (2008). *Switcher CAD III/LTspice Getting Started Guide.*
- [21] F. G. Zacchigna, "Tutorial Rápido de LTspice, Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires.," 2011.
- [22] J. M. Fernández García, "LTspice IV, Centro de Formación Profesional Revillagigedo.," 2010.
- [23] Ayuda de Multisim 10.0

Anexo I Laboratorios Reales.

Laboratorio Real 1: Tipos de instrumentos y errores en los datos experimentales.

Objetivos: Clasificar los instrumentos del laboratorio de electrónica. Investigar las fuentes de error en las mediciones y analizarlo.

Instrumentos y componentes:

30 resistores de valor nominal 120 k Ω (que se rotan por los puestos).

30 resistores de valor nominal 240 k Ω (que se rotan por los puestos).

Óhmetro digital.

Óhmetro analógico.

Introducción

En las mediciones se cometen errores burdos, sistemáticos y aleatorios, que hacen que se desvíen los valores medidos de los esperados. A partir de esos términos se puede calcular el error absoluto y relativo, la exactitud y la precisión, así como estimar la tendencia central de las mediciones y la dispersión de valores. Para todo eso se usan una serie de expresiones que pueden resultar tediosas de evaluar manualmente por lo que han sido programadas en distintos programas, como MATLAB y Excel.

De la misma forma, las características asociadas a los instrumentos, como la linealidad, por ejemplo, pueden evaluarse mejor con el uso de las mismas herramientas ya mencionadas.

Debe completar esta información, revisando lo orientado en la bibliografía.

Preparación Previa

Revise el contenido del laboratorio, haciendo énfasis en los aspectos teóricos tratados en la bibliografía.

Bibliografía

L. Jones, A.F. Chin, Electronic Instruments and Measurements, Editorial Félix Varela, La Habana, 2006, pp. 1-17.

Técnica Operatoria

...

Orientaciones para el informe

En este laboratorio se da a conocer el formato estándar que tendrán los informes a presentar al concluir los restantes laboratorios simulados. Estos deben incluir:

Nombres y apellidos, número de orden y grupo de los integrantes del subgrupo de práctica.

Número del puesto de trabajo.

Título del laboratorio y objetivos.

Programas utilizados (especificar versión y año).

Tablas con las anotaciones realizadas e instrucciones usadas de los programas.

Cálculos realizados y operaciones auxiliares.

Conclusiones parciales y generales basadas en el análisis de los resultados alcanzados y la comparación con los esperados, del procedimiento seguido, etc.

Laboratorio Real 2: Diseño De Voltímetros con Mecanismo D'Arsonval.

Objetivos: Comprobar los procedimientos de diseños de voltímetros (CD y CA) empleando mecanismo de D'Arsonval. 2. Medir el efecto de carga en un voltímetro eléctrico tomando en consideración el nivel de impedancia del circuito.

Instrumentos a Emplear:

1. Multímetro U4317.
2. Multímetro Digital.
3. Bread Board.
4. Fuente de Alimentación.
5. Generador de Señales.

Componentes

- | | |
|---------|--|
| 100Ωx2 | 100KΩx2 |
| 1 KΩx2 | Caja Decádica resistiva (10kΩ, paso de 1Ω)x1 |
| 47 KΩx2 | |

Tarea previa

Conociendo que el mecanismo de D'Arsonval del multímetro U4317 posee una corriente de plena escala de 50 μ A y una resistencia interna de 2000 Ω .

Halle su sensibilidad.

Diseñe un voltímetro de CD multiescala de 100 mV, 250 mV y 500 mV.

Diseñe un Voltímetro de CA para escala de 2 V, considerando que la caída en cada uno de los diodos cuando conducen es 0.5 V.

Técnica operatoria**I. Voltímetro de CD análisis de efecto de carga.**

Observe las indicaciones ofrecidas en el mecanismo de D'Arsonval del multímetro U4317 e investigue el significado de cada símbolo.

1. A partir de los resultados obtenidos en la tarea previa instrumente en la breadboard el voltímetro de CD multiescala con los campos de medida de 100 mV, 250 mV y 500 mV, usando el mecanismo del 4317 seleccionando el campo de 50 μ A.

2. Interconecte la fuente variable de suministro CD, el divisor resistivo (con relación de 50:1 aproximadamente, por ejemplo 47 k Ω y 1 k Ω), el voltímetro implementado (Ve) y el voltímetro digital (Vd) como referencia, como se muestra en la figura 1, y llene la tabla 1.

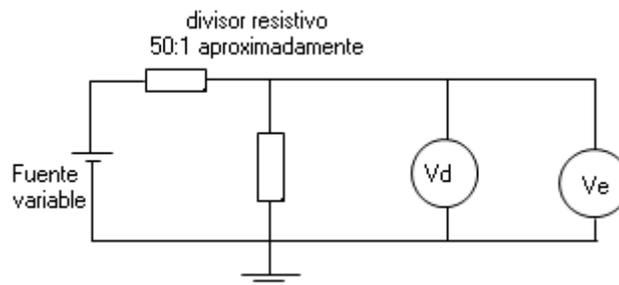


Figura 1

	Campo de 100 mV					Campo de 250 mV					Campo de 500 mV				
Vd (mV)	10	30	50	70	90	10	50	90	130	170	10	90	170	250	330
Ve (mV)															

Tabla 1

3. Determine el error máximo (en por ciento) para cada campo de medida tomando como patrón el voltímetro digital.

4. Monte el divisor resistivo de la figura 2, con $E \approx 0.8V$ y mida primero con el voltímetro digital (Vd), como referencia, anotando Vd en la 1ra fila. Luego desconecte el digital (aunque su efecto debe ser insignificante) y mida con el U4317 en el campo de medida indicado, anotando la medición en la 2da fila. Saque conclusiones sobre el efecto de carga en relación con la resistencia interna del voltímetro.

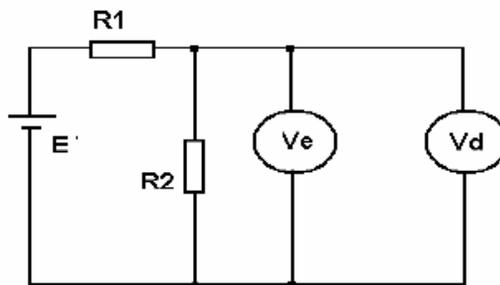


Figura 2

	Campo de 0.5 V				Campo de 5 V			
R1	100Ω	1k	47k	100k	100Ω	1k	47k	100k
R2	100Ω	1k	47k	100k	100Ω	1k	47k	100k
Vd								
Ve								

Informe

Diseños realizados en Tarea Previa.

Anotaciones realizadas y análisis de los resultados de cada punto de la técnica operatoria.

Bibliografía:

Libro de texto "Electronic Instruments and measurements" Larry Jones y Foster Chin

Laboratorio Real 3: Medición de resistencias, capacitancias e inductancias. Diseño de óhmetros.

Objetivos: leer datos de resistores, capacitores e inductores utilizando diferentes instrumentos.

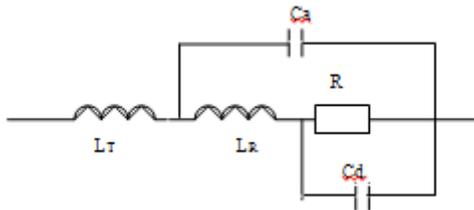
Instrumentos y materiales:

- Multímetro Digital.
- Multímetro Analógico.
- Metro RLC.
- Tablero Universal.
- Conjunto de resistores variados.
- Conjunto de capacitores (Electrolíticos, MICA, Otros)

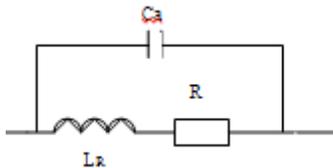
Introducción

Los fabricantes de resistores fijos ofrecen una serie de datos sobre el cuerpo de los mismos, usando diferentes códigos (de colores y alfanuméricos).

Hay diferentes tipos de resistores que se diferencian entre sí por sus características. Existen modelos para representar el comportamiento de los resistores reales en alta frecuencia, por ejemplo el mostrado en el texto de Materiales y Componentes Electrónicos.



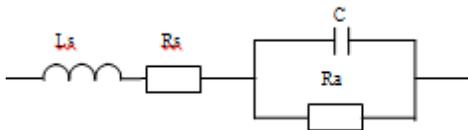
Despreciando el efecto de la inductancia de los terminales L_T y de la capacidad distribuida C_d , queda como sigue



Los instrumentos más usados para medir el valor óhmico real de un resistor son los multímetros (como óhmetros), con los que se obtienen resultados aceptables, si se selecciona el campo de medida más adecuado. Influye negativamente en las lecturas, un desgaste de las baterías, un deficiente ajuste del cero o un contacto deficiente con las puntas de prueba, así como tocar ambas a la vez en el momento de la medición.

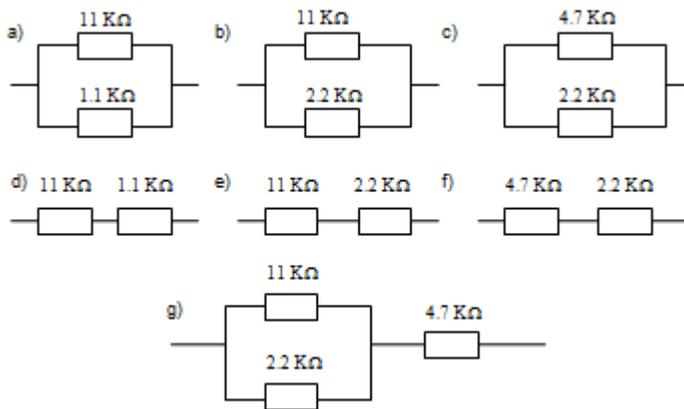
Existen diferentes tipos de capacitores según el dieléctrico que usen, con características que los distinguen entre sí y los hacen más adecuados para determinados usos.

Un capacitor práctico puede representarse por un modelo equivalente que tiene en cuenta efectos inductivos y resistivos, cuyos valores dependen de las características particulares de la componente.



Técnica Operatoria:

1. Identifique el tipo de cada resistor y lea los datos que especifica el fabricante (valor óhmico, tolerancia).
2. Prepare el multímetro Analógico para medir resistencias: ajuste el cero cortocircuitando las puntas de prueba.
3. Mida todos los resistores con el multímetro Analógico en la posición de resistencias adecuada para cada resistor. Observe cómo influye en las mediciones que el cero no esté ajustado o que se toquen las dos puntas a la vez con las manos.
4. Mida los resistores con el multímetro Digital, usando las escalas más adecuadas. Observe que ocurre al seleccionar otro campo. Compare estas lecturas con las ya efectuadas en el paso 3 y saque conclusiones sobre lo observado.
5. Mida las resistencias que presentan las siguientes combinaciones:



6. Identifique el tipo de cada capacitor (según el dieléctrico) y lea los datos que especifica el fabricante (capacitancia, tolerancia, otros).
7. Medición de Capacitancia con el metro RLC.

Encienda el equipo seleccione la opción de medir capacitancia y coloque los terminales del capacitor en las puntas de prueba. Compare el valor obtenido con el observado en el componente.

8. Mida la capacitancia con el multímetro digital y compárelas con lo obtenido en el inciso 7. Saque conclusiones.
9. Identifique el tipo de cada Inductor y lea los datos que especifica el fabricante (Inductancia, otros).
10. Medición de Inductancia con el metro RLC.

Encienda el equipo seleccione la opción de medir Inductancia y coloque los terminales de Inductor en las puntas de prueba. Compare el valor obtenido con el observado en el componente.

11. Mida la Inductancia con el multímetro digital y compárelas con lo obtenido en el inciso 10. Saque conclusiones.

Informe:

Contener una tabla que resuma todos los pasos de la Técnica operatoria. Además debe tener conclusiones parciales y generales.

Bibliografía:

Libro de texto "Electronic Instruments and measurements" Larry Jones y Foster Chin.

Laboratorio Real 4: Multímetros Digitales.

Objetivos: Realizar medición con multímetros electrónicos y comparar las mediciones con las realizadas con los analógicos.

Instrumentos y componentes:

- Multímetro Digital.
- Tablero de pruebas.
- Fuente Variable.
- 2 resistores de 1K1.
- 2 resistores de 120 KΩ.

Introducción:

Los multímetros electrónicos

Tienen como ventaja fundamental sobre los no electrónicos, que poseen una mayor resistencia interna y esta es además independiente del campo de medida seleccionado. Esto reduce el efecto de carga de los voltímetros y además hace que la sensibilidad sea mayor.

1. Lectura más fácil de las mediciones.
2. Mayor exactitud.(0.1 % contra 1% para los analógicos)
3. Mayor resolución, lo cual significa que para cubrir un intervalo dado necesitan un menor número de campos de medida.

Presentan como principal desventaja, en algunos casos, el tiempo de demora en la presentación de la información.

Técnica Operatoria:

1. Utilizando el voltímetro digital compruebe los intervalos de voltajes que pueden entregar cada mitad de la fuente doble de voltaje en los terminales:

1.1 Borne positivo y tierra.

1.2 Borne negativo y tierra.

1.3 Borne positivo y negativo.

2. Invierta los terminales del voltímetro y observe qué sucede en cada lectura del paso anterior.

3. Conecte las dos fuentes en serie verificando cuidadosamente las conexiones. Mida los voltajes de cada fuente por separado y el voltaje resultante.

4. Realice mediciones en todos los campos de medida del multímetro digital, para las tensiones en la fuente de 700 mV, 7 V y 25 V. Llegue a conclusiones acerca de la resolución.

5. Utilizando el voltímetro digital como instrumento patrón, coloque en la fuente variable distintos valores de tensiones y para cada uno de ellos realice las siguientes mediciones.

Con el voltímetro Analógico sin cometer errores.

Con el voltímetro Analógico, cometiendo error de paralaje por exceso.

Con el voltímetro Analógico, cometiendo error de paralaje por defecto.

Con el voltímetro Analógico en posición vertical.

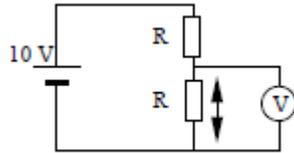
ANEXOS

Tensión	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
5.1										
5.2										
5.3										
5.4										

*La tensión patrón es tomada con el multímetro Digital.

Compare los resultados y llegue a conclusiones.

1. Realice el siguiente montaje con los resistores disponibles y mida los voltajes con el multímetro Analógico y con el multímetro digital en los diferentes campos de medida posibles. Anote las mediciones en el formato siguiente:



Voltímetro	Campo de Medida	V(R=1k1)	V(R=120k)
Analógico			
Digital			

Informe

Contener una tabla que resuma todos los pasos de la Técnica operatoria. Además debe tener conclusiones parciales y generales.

Bibliografía:

Libro de texto "Electronic Instruments and measurements" Larry Jones y Foster Chin.

Laboratorio Real 5. Uso de Osciloscopios.

Objetivos. Medir voltaje, período, frecuencia y fase con el osciloscopio de doble canal.

Instrumentos.

- Osciloscopio
- Fuente de voltaje DC
- Generador de funciones

Introducción.

El osciloscopio es uno de los instrumentos electrónicos de medición más versátiles. Con él pueden ser observados:

- Voltajes AC y DC.
- Tiempo, Relaciones de Fase, Frecuencia
- Parámetros de las formas de ondas tales como Tiempos de Subida y Caída, Oscilaciones, Sobre crestas, etc.
- Mediciones indirectas a partir de los valores resultantes de mediciones directas como corrientes AC y DC.

Bloques: Está compuesto básicamente por los subsistemas siguientes (ver Figs. 9.3 y 9.4 del libro de texto):

- Tubo de Rayos Catódicos. TRC (CRT).
- Amplificador Vertical.
- Amplificador Horizontal.
- Generador de Barrido Disparado.
- Circuitos de disparo.
- Fuentes de Alimentación.

Técnica Operatoria: Pasos para efectuar la preparación del osciloscopio para el uso.

- 1 Habilite el osciloscopio siguiendo los siguientes pasos.
 - 1.1. Compruebe el voltaje de alimentación del equipo antes de conectarlo a la línea de alimentación.
 - 1.2. Seleccione el o los canales que se vayan a utilizar. (CH1, CH2, ADD, DUAL: Alt-Chop).
 - 1.3. Seleccione el modo de disparo automático TRIG : AUTO .
 - 1.4. Seleccione en el selector de entrada del canal correspondiente, el modo GND.
 - 1.5. Coloque en posición intermedia los controles de foco (Focus), nivel de disparo (Level), posición vertical y posición horizontal (Position).
 - 1.6. Colocar en el mínimo el control de intensidad del haz.
 - 1.7. Energice el equipo y espere alrededor de 1 minuto por el calentamiento efectivo del TRC. Aumente paulatinamente la intensidad del haz hasta lograr que este se haga visible.
 - 1.8. Si el trazo no aparece gire entonces los controles de nivel de disparo y el de posición vertical del canal correspondiente.
 - 1.9. Ajuste la calidad del trazo mediante los controles de Intensidad.
 - 1.10. Mueva el trazo hasta la posición de referencia (0 Volt).
- 2 Verifique las funciones de los controles siguientes, manipulándolos.

Readout Inten.

FOCUS

INTENSITIY

↕POSITION

↔POSITION

- 3 Seleccione el canal 1 y fije el nivel de referencia en el centro de la pantalla.
- 4 Pase el selector de entrada a DC y coloque el atenuador de la punta en la posición x1.
- 5 Cortocircuite los terminales de la punta de prueba o sonda y toque con los dedos el extremo de la punta de prueba. Observe la pantalla del instrumento. Elimine el cortocircuito y repita el procedimiento. Esta rutina resulta útil para verificar el estado de las puntas del osciloscopio.
- 6 Introduzca por el canal 1 un voltaje VDC desde la fuente de voltaje doble medido con el voltímetro. Manipule el control VOLTS/DIV para que el trazo aparezca en el intervalo de $\frac{1}{2}$ a $\frac{3}{4}$ de los límites de la pantalla.
- 7 Verifique las funciones de los controles siguientes manipulándolos.
 - VOLTS/DIV
 - Selector de entrada (AC-GND-DC)
 - VAR(Verifique que tiene que estar en la posición CAL para poder realizar mediciones correcta)
- 8 Para la calibración de la punta de prueba se ajusta un capacitor variable integrado en la misma (Figs. 9.21, 9.22 y 9.23). Este ajuste permite captar señales en un amplio margen de frecuencias con una atenuación constante (sección 9.14). Como señal de prueba se utiliza una que brinda el generador de onda cuadrada interno del osciloscopio en el terminal (PROBE ADJ), de amplitud y frecuencia conocidas: onda cuadrada positiva de aproximadamente 0,5 V de amplitud y 1 KHz (Fig. 9.24).
- 8.1 Conectar la sonda del canal seleccionado al terminal PROBE ADJ, y el caimán de tierra que le corresponde al terminal GND.
- 8.2 Colocar VOLT/DIV en 0,1 V/Div.
- 8.3 Sincronizar la forma de onda (LEVEL) y colocar TIME/DIV en 0,2 mS/Div (Para la compensación se ajusta el capacitor variable de la punta de prueba con un destornillador, hasta obtener en la pantalla del osciloscopio la forma de onda cuadrada con la calidad requerida, fig. 9.24).
- 9 Manteniendo las condiciones del paso anterior y mostrando en la pantalla la onda de prueba, verifique la amplitud pico a pico y la frecuencia de la señal de prueba.
- 10 Energice el generador de funciones y verifique con la ayuda del osciloscopio las funciones de los controles más importantes asociados a formas de onda, amplitud, frecuencia y offset.

Bibliografía:

Libro de texto "Electronic Instruments and measurements" Larry Jones y Foster Chin, capítulo 9.

Notas de Clase.

Pre-requisitos:

Estudiar lo recomendado en la bibliografía.

Orientaciones para el informe

Resuma en una tabla los nombres de todos los controles y conmutadores del osciloscopio utilizados y las funciones de los mismos.

Laboratorio Real 6: Medición de frecuencia y fase. Osciloscopios.**Introducción:**

El Osciloscopio, es un instrumento electrónico que registra los cambios de tensión producidos en circuitos eléctricos y electrónicos y los muestra en forma gráfica en la pantalla de un tubo de rayos catódicos. Los osciloscopios se utilizan en la industria y en los laboratorios para comprobar y ajustar el equipamiento electrónico y para seguir las rápidas variaciones de las señales eléctricas, ya que son capaces de detectar variaciones de millonésimas de segundo.

Existe la posibilidad de utilizar el osciloscopio para poder comparar la fase y frecuencia entre dos señales periódicas de muestra. Si cada una de las señales periódicas a compararse es aplicada a la entrada vertical y horizontal respectivamente, la gráfica resultante en pantalla indicará la relación existente en frecuencia entre dichas señales y el desfase que una tenga respecto a la otra.

Este tipo de figuras resultantes en la pantalla del osciloscopio, se las denomina figuras de Lissajous, las cuales son detalladas en la figura 1. para diferentes valores de desfase y de relación de frecuencia entre señales de entrada. Estas resultan de gran utilidad para una determinación rápida y aproximada de fase y frecuencia. Sin embargo, en la actualidad, para una medición exacta de frecuencia se recurre a equipos digitales de alta resolución (9 dígitos), los que permiten determinar fase, frecuencia y período con un error menor al dígito menos significativo.

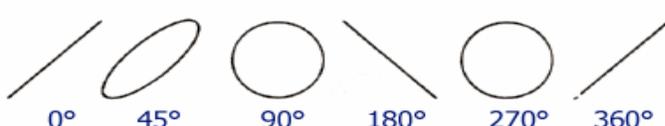
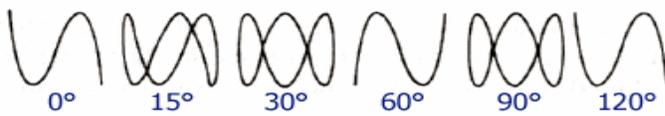
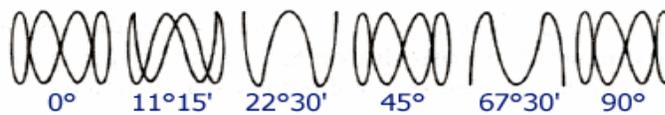
Relación de frecuencias	Corrimiento de fase
1 : 1	 0° 45° 90° 180° 270° 360°
1 : 2	 0° $22^\circ 30'$ 45° 90° 135° 180°
1 : 3	 0° 15° 30° 60° 90° 120°
1 : 4	 0° $11^\circ 15'$ $22^\circ 30'$ 45° $67^\circ 30'$ 90°

Figura 1. Figuras de Lissajous.

Objetivos:

1. Comprobar la función de cada uno de los controles y entradas del Osciloscopio.
2. Medir parámetros e tensión CA y CD, frecuencias, tiempo y fase empleando el osciloscopio digital.

Instrumentos a emplear:

Osciloscopio Digital de dos canales.

Generador de funciones.

Componentes:

Resistores	
Valor	Cantidad
100 Ω	1
470 Ω	1
1k Ω	1
Capacitores	
0.47 μ F	1

Preparación Previa

Hacer un resumen escrito de cómo se mide empleando el osciloscopio.

- Función de cada uno de los controles y entradas que posee un osciloscopio analógico de dos canales.
- Como se realiza la verificación de la calibración de un osciloscopio.
- Tensiones de corriente directa.
- Valores pico de tensión de corriente alterna, Niveles de tensión de corriente directa, valores de tensión eficaz (rms).
- Medición de tiempo: Período y frecuencia de una señal.
- Medición de fase empleando figuras de Lissajous.

Técnica Operatoria

- Funciones de los controles y Calibración del osciloscopio.
 - En entrevista con el profesor explique la función de cada uno de los controles del osciloscopio.
 - Calibre el osciloscopio: El cero, y los ejes de amplitud y tiempo.
 - Compruebe el estado de las puntas de prueba.
- Medición de voltaje de corriente directa y alterna.
 - Demuestre ante el profesor como ajustar en una fuente de voltaje de corriente directa a un voltaje de 10V, mediante el osciloscopio.
 - Demuestre ante el profesor como establecer en el generador de señales una señal de amplitud 1 V rms, centrada en 0.5 V y una frecuencia de 1kHz.
- Medición de tiempo y fase.
 - Monte una red RC pasa bajo con los valores de $R=1k\Omega$ y $C=0.47\mu F$ y aplicando a su entrada sinusoidal de 5v pico-pico con frecuencias según la tabla y centrada en cero, observe en el osciloscopio por el canal 1 la señal de entrada y por el 2 la de salida del circuito. Mida el desfase mediante los ejes de V vs T y mediante figura de Lissajous.

Red RC	\emptyset en segundos medido en en eje V vs T	\emptyset en segundos medido por Lissajous
100Hz		
500Hz		
1KHz		

- Aplique a la misma red RC una onda cuadrada de frecuencia 100Hz y mida el tiempo de subida de la señal de entrada y la salida. Para el informe determine este tiempo de forma teórica y compárelos.

R y C	T de subida teórico	T subida real
R=100Ω C=0.47μF		
R=470Ω C=0.47μF		
R=1KΩ C=0.47μF		

Indicaciones para la confección del informe.

El informe se confecciona y entrega en el propio laboratorio con los resultados de las mediciones y un breve análisis de los mismos.

Bibliografía:

“Electronic Instruments and measurements “Larry Jones y A. Foster Chin, WILEY (pp. 203 - 206).

Anexo II Laboratorios Simulados.

Laboratorio Simulado1: Uso de MATLAB y Excel para apoyar las mediciones.

Objetivo: Usar MATLAB y Excel para simular y procesar errores en las mediciones e interpretar características estáticas de los instrumentos.

Programas a usar:

- MATLAB, versión 6.5 o superior
- Excel

Introducción

En las mediciones se cometen errores burdos, sistemáticos y aleatorios, que hacen que se desvíen los valores medidos de los esperados. A partir de esos términos se puede calcular el error absoluto y relativo, la exactitud y la precisión, así como estimar la tendencia central de las mediciones y la dispersión de valores. Para todo eso se usan una serie de expresiones que pueden resultar tediosas de evaluar manualmente por lo que han sido programadas en distintos programas, como MATLAB y Excel.

De la misma forma, las características asociadas a los instrumentos, como la linealidad, por ejemplo, pueden evaluarse mejor con el uso de las mismas herramientas ya mencionadas.

Debe completar esta información, revisando lo orientado en la bibliografía.

Preparación Previa

Revise el contenido del laboratorio, haciendo énfasis en los aspectos teóricos tratados en la bibliografía.

Técnica Operatoria

1. Suponga que se pesó 100 veces un mismo bloque patrón de 1kg en una balanza analítica y se encontró que la desviación estándar de las mediciones fue de aproximadamente 30g. Usando MATLAB, genere un conjunto de datos que se ajusten a la situación del enunciado anterior. Sugerencia: use la función randn, teniendo en cuenta que se debe representar una muestra de 100 elementos con distribución normal, media de 1000g y desviación estándar de 30g. Grafique los resultados de mediciones vs. número de la medición. Verifique la media y la desviación estándar reales de la muestra generada. Para luego: ¿qué tendría que hacer para ajustar exactamente la desviación estándar y la media a los valores de 30g y 1000g, respectivamente?

Respuesta. $x=1000+30*\text{randn}(1,100);$
 $\text{plot}(x) \quad \text{mean}(x) \quad \text{std}(x)$

2. Tabule los resultados de "sus mediciones" en una tabla Excel de 2 columnas y luego grafique y verifique la media y la desviación estándar, usando las funciones de Excel.
3. Grafique el histograma de las mediciones desde MATLAB y Excel, comparándolos. Observe la distribución de las mediciones, alrededor de la media y la dispersión de valores, asociada a la desviación estándar.
¿Qué cantidad (%) de mediciones debieran esperarse en los intervalos de: i. 970g a 1030g, ii. 940g a 1060g, iii. 910g a 1090g? Verifique si eso se cumple de forma aproximada en sus mediciones.

Incluya otras columnas en la tabla en Excel para calcular: error absoluto, error relativo (en %), exactitud, precisión. Calcule la clase de la balanza utilizada para las mediciones.

Estime, desde MATLAB, otros parámetros que describan la tendencia central de las mediciones (media aritmética, media geométrica, media armónica, media recortada, mediana) y dispersión (intervalo de mediciones: $\text{range}=\text{max}-\text{min}$, intervalo intercuartil: **iqr**, desviación estándar: **std**, varianza: **var**).

Orientaciones para el informe

En este laboratorio se da a conocer el formato estándar que tendrán los informes a presentar al concluir los restantes laboratorios simulados. Estos deben incluir:

- Nombres y apellidos, número de orden y grupo de los integrantes del subgrupo de práctica.
- Número del puesto de trabajo.
- Título del laboratorio y objetivos.
- Programas utilizados (especificar versión y año).
- Tablas con las anotaciones realizadas e instrucciones usadas de los programas.
- Cálculos realizados y operaciones auxiliares.
- Conclusiones parciales y generales basadas en el análisis de los resultados alcanzados y la comparación con los esperados, del procedimiento seguido, etc.

Bibliografía

L. Jones, A.F. Chin, Electronic Instruments and Measurements, Editorial Félix Varela, La Habana, 2006.

Laboratorio Simulado2. Amperímetros y voltímetros.

Objetivos: Diseñar voltímetros y amperímetros 'reales' y observar el efecto de carga.

Programas a usar

- Multisim

Introducción

Los voltímetros y amperímetros reales presentan una determinada resistencia interna en dependencia del modelo, la marca, el fabricante etc., lo que conlleva a que tenga un determinado efecto de carga a la hora de realizar la medición.

Preparación Previa.

1. Estudiarse la conferencia sobre voltímetros y amperímetros.

Técnica Operatoria

Se dispone de un mecanismo de D'Arsonval con $R_m=1k\Omega$ e $I_{fs}=50\mu A$.

1. Diseñe un voltímetro con campos de medida de 2.5V, 5V y 10V, siguiendo el esquema de la figura 2.9 del texto. Verifíquelo con ayuda del Multisim.
2. Diseñe un amperímetro como el de la Fig. 2-5 del libro de texto, para campos de medida de 1 mA, 10 mA y 100 mA (calcule los valores de R_a , R_b y R_c , y, en función de ellas, calcule los valores de la resistencia del amperímetro para cada campo de medida). Verifique el diseño con ayuda del Multisim.
3. Observe el efecto de carga que introduce el voltímetro, en cada campo de medida, al medir el voltaje a través de un resistor en un divisor de voltaje de 5 V con dos resistores idénticos, con resistencias de:
 - a. $R_1 = R_2 = 100 \Omega$
 - b. $R_1 = R_2 = 1 k\Omega$
 - c. $R_1 = R_2 = 10 k\Omega$
 - d. $R_1 = R_2 = 100 k\Omega$

Sugerencia: use el multímetro del Multisim trabajando como voltímetro DC y establezca Resistencia del voltímetro = 100 k Ω variando los 'settings' del multímetro con Set...

4. Observe el efecto de carga que introduce el amperímetro en cada campo de medida, al medir la corriente a través de un resistor en un divisor de corriente de 2 mA con dos resistores idénticos, con resistencias de:
 - a. $R_1 = R_2 = 1 \Omega$
 - b. $R_1 = R_2 = 10 \Omega$
 - c. $R_1 = R_2 = 100 \Omega$
 - d. $R_1 = R_2 = 1 k\Omega$

Sugerencia: use el multímetro del Multisim trabajando como amperímetro DC y use set...

Resuma sus anotaciones en las tablas y comente los resultados:

Valores de diseño					
Rs1	Rs2	Rs2	Ra	Rb	Rc

ANEXOS

mediciones de voltaje (V)				
campo de medida	R1=R2=100	R1=R2=1k	R1=R2=10k	R1=R2=100k
2,5 V				
5 V				
10 V				

mediciones de corriente (mA)				
campo de medida	R1=R2=1	R1=R2=10	R1=R2=100	R1=R2=1k
1 mA				
10 mA				
100 mA				

Bibliografía

L. Jones, A.F. Chin, Electronic Instruments and Measurements, Editorial Félix Varela, La Habana, 2006.

Conferencias.

Orientación para el informe.

Entregar los resultados de todos los ejercicios así como las tablas y sus comentarios.

Laboratorio Simulado3: INSTRUMENTOS DIGITALES Y SU USO.

Objetivos: Usar instrumentos para medir voltaje, frecuencia y fase.

Instrumentos y componentes:

- Generador de Funciones.
- Multímetro.
- Contador de Frecuencias.
- Osciloscopio.
- Resistores de 3K3
- Condensador 10 μ F.

Introducción:

El osciloscopio es uno de los instrumentos electrónicos de medición más versátiles. Con él pueden ser observados:

- Tiempo, Relaciones de Fase, Frecuencia
- Parámetros de las formas de ondas tales como Tiempos de Subida y Caída, Oscilaciones, sobre crestas, etc.

Preparación Previa:

Estudiarse la conferencia sobre Osciloscopio.

Estudiarse el libro de texto: "Electronic Instruments and measurements "Larry Jones y A. Foster Chin, WILEY (pp. 203 - 206).

Técnica Operatoria

1. Familiarizarse con los siguientes instrumentos virtuales del Multisim, puntualizando las funciones de sus botones, controles e indicadores.
 - 1.1 Generador de Funciones.
 - 1.2 Multímetro.
 - 1.3 Contador de Frecuencias.
 - 1.4 Osciloscopio.
2. Complete la siguiente tabla, colocando diferentes señales en el generador de funciones con $V_i=10V_{pp}$, cambiando forma de onda y frecuencia, y midiendo esos parámetros con el multímetro, el contador de frecuencia y el osciloscopio.

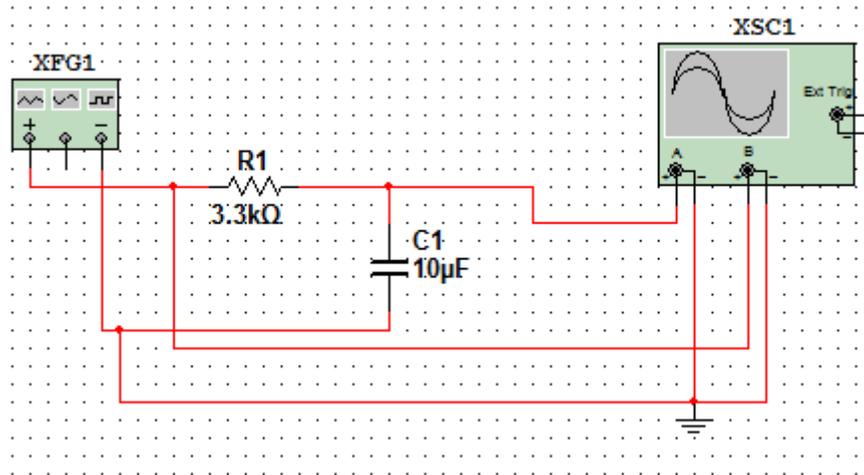
Forma de Onda	Generador de Funciones	Multímetro.		Contador de Frecuencia.		Osciloscopio.		
	Frec. (Hz)	Voltaje(Vpp)	Frec. (HZ)	T(Vpp)	Frec. (HZ)	Voltaje(Vpp)	Periodo (s)	Frec. (HZ)
Sinusoidal	10							
	60							
	1k							
	1M							
Cuadrada	60							
Triangular	60							

3. Monte el circuito de la figura y mida el desfase entre V_x y V_y , explicando la forma de hacerlo en cada caso.

3.1. Usando los dos canales del osciloscopio y visualizándolos a la misma vez.

3.2. Usando el modo X-Y del osciloscopio.

3.3 Usando el contador de frecuencias.



Orientación para el Informe

Contener una tabla que resuma todos los pasos de la Técnica operatoria. Además debe tener conclusiones parciales y generales.

Bibliografía:

“Electronic Instruments and measurements “Larry Jones y A. Foster Chin, WILEY (pp. 203 - 206).