

**Diseño y elaboración de las prácticas de laboratorio de la asignatura circuitos eléctricos II
utilizando Matlab**

Hader Alexander Ruiz Rivera y Francisco Andrés Sánchez Ayala

Trabajo de grado para optar el título de Ingenieros Electricistas

Director

Dr. Hermann Raúl Vargas Torres

Doctor en Ingeniería Eléctrica

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones

Bucaramanga

2021

Dedicatoria

A Dios por las oportunidades brindadas, por la fortaleza y sabiduría que me dio para poder alcanzar esta meta.

A mi familia, por todo el apoyo y cariño brindado.

A mis padres Raquel Ayala Buitrago y José Francisco Sanchez Vecino que, sin importar las dificultades, siempre lucharon por sacarme adelante, porque son un ejemplo a seguir, por darme ánimo en los momentos difíciles y ayudarme a persistir para alcanzar las metas que me he propuesto.

A mis hermanas Stefanya Sanchez Ayala y Carolina Sanchez Ayala por su compañía y apoyo incondicional.

A mi abuelita Maria del Carmen Vecino Chávez (Q.E.P.D) y a mi Nona Carmen Rosa Buitrago Ojeda por todo el amor y apoyo que me han dado en la vida.

A mi amigo Jonathan Ferney Jerez Uribe por todo su apoyo y amistad todos estos años.

A mis compañeros, amigos y familia que me regalo la Universidad.

Francisco Andrés Sánchez Ayala

Dedicatoria

A Dios por las oportunidades brindadas y la oportunidad de alcanzar una meta más en mi formación profesional.

A mi familia, por alimentar mi espíritu para alcanzar todas las metas.

A mi padre por estar siempre apoyándome en cada uno de los aspectos de la vida.

A mi hermana por ser la mujer que sin importar las dificultades siempre ha estado ahí motivándome con su amor, cariño y apoyo incondicional para no parar hasta culminar las metas propuestas.

A mis dos hermanos por su compañía y apoyo incondicional durante esta etapa.

Hader Alexander Ruiz Rivera

Agradecimientos

A Dios por las oportunidades y personas que ha puesto en mi camino.

A mis padres, hermanas y familia por su motivación, cariño y por acompañarme en esta etapa tan importante de mi vida.

A mi grupo de amigos, en especial a Angelica Benites, Jonathan Jerez y Diego Correa por todo su apoyo y amistad durante toda la carrera.

A la Universidad Industrial de Santander y a la Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones por haberme brindado una de las mejores experiencias de mi vida.

Francisco Andrés Sánchez Ayala

Agradecimientos

En primer lugar, a Dios por cada oportunidad y persona que ha puesto en mi camino.

A mi padre y hermanos por su motivación y cariño a lo largo de toda una vida de esfuerzo y dedicación.

A la escuela de ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones y en general a la Universidad industrial de Santander por acogerme en esta gran institución educativa.

A mi grupo de grupo de compañeros Diego Correa, Kevin Lozano, Sebastián Rodríguez, Yoleima Chavarro, Francisco Sánchez y Jonathan Jerez por su amistad a lo largo de esta etapa.

Hader Alexander Ruiz Rivera

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	19
1. Objetivos	22
1.1 Objetivo general	22
1.2 Objetivos específicos	22
2. Prácticas de laboratorio	23
2.1 Estructura de las prácticas	24
2.2 Instrumentos del laboratorio	26
2.2.1 <i>Cosenofímetro</i>	27
2.2.2 <i>Fuente de tensión DC</i>	28
2.2.3 <i>Generador de señales</i>	29
2.2.4 <i>Multímetro</i>	30
2.2.5 <i>Osciloscopio</i>	31
2.2.6 <i>Transformador</i>	32
2.2.7 <i>Vatímetro</i>	34
2.2.8 <i>Fuente de tensión ac monofásica y trifásica</i>	35
3. Resultados	36
3.1 App designer	36
3.2 Práctica en app designer	37
3.3 Instrumentos de medición en APP designer	38
3.3.1 <i>Osciloscopio</i>	38

3.3.2 <i>Multímetro</i>	39
3.3.3 <i>Vatímetro</i>	40
3.3.4 <i>Cosenofímetro</i>	41
3.4 <i>Generadores de tensión</i>	42
3.4.1 <i>Fuente de tensión DC</i>	42
3.4.2 <i>Fuente de tensión AC, monofásica y trifásica</i>	44
3.4.3 <i>Generador de señales</i>	45
3.5 <i>Impedancias monofásicas y trifásicas</i>	46
3.5.1 <i>Banco de resistencias</i>	46
3.5.2 <i>Banco de capacitores</i>	47
3.5.3 <i>Banco de inductores</i>	48
3.5.4 <i>Resistencias</i>	49
3.6 <i>Manual de prácticas en appdesigner</i>	50
3.6.1 <i>Recomendaciones para un buen desarrollo de las prácticas</i>	50
3.6.2 <i>Recomendaciones con el uso de los equipos e instrumentos en appdesigner. apéndice c.</i>	51
3.6.3 <i>Práctica No I, simulación de circuitos eléctricos.</i>	52
3.6.3 <i>Práctica No II, instrumentos de medición</i>	60
3.6.4 <i>Práctica No III, circuitos eléctricos básicos.</i>	75
3.6.5 <i>Práctica No IV, análisis transitorio de circuitos eléctricos</i>	83
3.6.6 <i>Práctica No V, circuitos eléctricos trifásicos- medición de tensión</i>	89
3.6.7 <i>Práctica No VI, circuitos eléctricos trifásicos – medición de potencia</i>	96
3.6.8 <i>Práctica No VII, respuesta en frecuencia - simulación</i>	104
3.6.9 <i>Práctica No VIII, respuesta en frecuencia de filtros pasivos</i>	115

<i>3.6.10 Práctica No IX, circuitos magneticamente acoplados</i>	119
<i>3.6.11 Práctica No X, circuitos magnéticamente acoplados – conexión trifásica</i>	126
<i>3.6.12 Práctica No XI, análisis transitorio en circuitos no básicos</i>	130
<i>3.6.13 Práctica No XII, redes de dos puertos – parámetros en Y</i>	132
Referencias Bibliográficas	142

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. <i>Carga mono - trifásica resistiva</i>	95
Tabla 2. <i>Carga mono - trifásica capacitiva</i>	103
Tabla 3. <i>Carga mono - trifásica inductiva</i>	104

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. <i>Pulse generator, ejemplo de aplicación en app designer</i>	26
Figura 2. <i>Cosenofímetro o medidor de factor de potencia analógico monofásico</i>	28
Figura 3. <i>Fuente de tensión de corriente continua de Bk precision modelo 1672</i>	29
Figura 4. <i>Generador de señales de BK precisión modelo 4017 A</i>	30
Figura 5. <i>Multímetro o tester UNI-T 39 C+</i>	31
Figura 6. <i>Osciloscopio GW instek modelo GDS – 1102 - U</i>	32
Figura 7. <i>Transformador de potencia monofásico de baja potencia</i>	33
Figura 8. <i>Vatímetro o wattmetro analógico SACI modelo WC3VE</i>	34
Figura 9. <i>Estilo de ventana principal o práctica de laboratorio.</i>	37
Figura 10. <i>Osciloscopio</i>	39
Figura 11. <i>Multímetro</i>	40
Figura 12. <i>Vatímetro o Wattmetro</i>	41
Figura 13. <i>Cosenofímetro analógico</i>	42
Figura 14. <i>Fuente de tensión de corriente directa o continua (DC)</i>	43
Figura 15. <i>Fuente de tensión en corriente alterna monofásica y trifásica en conexión Y o Δ</i>	44
Figura 16. <i>Generador de Señales de corriente alterna</i>	45
Figura 17. <i>Banco de resistencias trifásico con conexión Y o Δ</i>	46
Figura 18. <i>Banco de Capacitores trifásico con conexión Y o Δ</i>	47
Figura 19. <i>Banco de Inductores trifásico con conexión Y o Δ</i>	48
Figura 20. <i>Selector de valor de resistencia por código de colores</i>	49

Figura 21. <i>Circuito 1. práctica I.</i>	55
Figura 22. <i>Circuito 2. práctica I.</i>	57
Figura 23. <i>Circuito 3. práctica I</i>	60
Figura 24. <i>Circuito 1. práctica II.</i>	64
Figura 25. <i>Circuito 2. práctica II.</i>	65
Figura 26. <i>Circuito 3. práctica II.</i>	65
Figura 27. <i>Circuito 4. práctica II.</i>	67
Figura 28. <i>Circuito 5. práctica II.</i>	68
Figura 29. <i>Circuito 6. práctica II.</i>	69
Figura 30. <i>Circuito 7. práctica II.</i>	70
Figura 31. <i>Circuito 8. práctica II.</i>	71
Figura 32. <i>Circuito 9. práctica II.</i>	72
Figura 33. <i>Circuito 10. práctica II.</i>	73
Figura 34. <i>Circuito 11. práctica II.</i>	74
Figura 36. <i>Circuito 2. práctica III.</i>	78
Figura 37. <i>Circuito 3. Práctica III.</i>	79
Figura 38. <i>Circuito 4. práctica III.</i>	79
Figura 39. <i>Circuito 5. Práctica III.</i>	80
Figura 40. <i>Circuito 6. Práctica III.</i>	81
Figura 41. <i>Circuito 7. práctica III.</i>	82
Figura 42. <i>Circuito 1. práctica IV.</i>	86
Figura 43. <i>Circuito 2. práctica IV.</i>	87
Figura 44. <i>Circuito 3. práctica IV.</i>	88

Figura 45. <i>Circuito 1. práctica V. Banco de tensión trifásico</i>	92
Figura 46. <i>Circuito 2. práctica V. Circuito en conexión Y- Y</i>	93
Figura 47. <i>Circuito 3. práctica V. Circuito en conexión Y - Δ</i>	94
Figura 48. <i>Circuito 4. práctica V. Banco de impedancias en conexión Y</i>	95
Figura 49. <i>Circuito 5. práctica V. Banco de impedancias en conexión Δ</i>	96
Figura 50. <i>Circuito 1. práctica VI.</i>	99
Figura 51. <i>Circuito 2. práctica VI.</i>	100
Figura 52. <i>Circuito 3. práctica VI</i>	101
Figura 53. <i>Circuito 4. práctica VI</i>	101
Figura 54. <i>Circuito 5. práctica VI</i>	102
Figura 55. <i>Circuito 1. práctica VII</i>	106
Figura 56. <i>Circuito 2. práctica VII</i>	109
Figura 57. <i>Circuito 3. práctica VII</i>	110
Figura 58. <i>Circuito 4. práctica VII</i>	112
Figura 59. <i>Circuito 5. práctica VII</i>	112
Figura 60. <i>Circuito 6. práctica VII</i>	113
Figura 61. <i>Circuito 1. práctica VIII</i>	118
Figura 62. <i>Circuito 2. práctica VIII</i>	119
Figura 63. <i>Circuito 1. práctica IX</i>	122
Figura 64. <i>Circuito 2. práctica IX</i>	123
Figura 65. <i>Circuito 3. práctica IX</i>	124
Figura 66. <i>Circuito 4. práctica IX</i>	125
Figura 67. <i>Circuito 1. práctica X</i>	128

Figura 68. <i>Circuito 2. práctica X</i>	129
Figura 69. <i>Circuito 1. práctica XI</i>	132
Figura 70. <i>Circuito 1. práctica XII</i>	134
Figura 71. <i>Circuito 2. práctica XII</i>	135
Figura 72. <i>Circuito 3. Práctica XII</i>	135
Figura 73. <i>Circuito 4. práctica XII</i>	136
Figura 74. <i>Circuito 5. práctica XII</i>	137
Figura 75. <i>Circuito 6. práctica XII</i>	138
Figura 76. <i>Circuito 7. Práctica XII</i>	138
Figura 77. <i>Circuito 8. práctica XII</i>	139
Figura 78. <i>Circuito 9. práctica XII</i>	139

Lista de Apéndices

Los apéndices están adjuntos y puede visualizarlos en la base de datos de la biblioteca UIS

Apéndice A. Ficha técnica de los instrumentos de laboratorio.

Apéndice B. Canal de YouTube de videos tutoriales

Apéndice C. Prácticas de laboratorio desarrolladas en app designer.

Glosario

Ampere: También conocido como amperio, es la unidad de intensidad de corriente eléctrica que corresponde al paso de un culombio por segundo. Su abreviatura es la letra **A** en mayúscula, y su nombre se debe al físico francés André-Marie Ampere (EcuRed, 2021).

Capacitor: Un capacitor es un elemento pasivo diseñado para almacenar energía en su campo eléctrico. Junto con los resistores, los componentes eléctricos más comunes son los capacitores, los cuales son de amplio uso en electrónica, comunicaciones, computadoras y sistemas de potencia (Matthew N & Charles, 2016). Su unidad de medida es el Farad (F)

Fem: Fuerza electromotriz inducida (fem) es producida por la aparición de una corriente eléctrica por la acción de un campo eléctrico sobre un conductor.

Incertidumbre: La incertidumbre de medida es un parámetro, asociado al resultado de una medición, que caracteriza la dispersión de los valores que razonablemente podrían ser atribuidos al mensurando.

Inductancia Un inductor es un elemento pasivo diseñado para almacenar energía en su campo magnético. Los inductores encuentran numerosas aplicaciones en sistemas electrónicos y de potencia. Se usan en alimentaciones de potencia, transformadores, radios, televisores, radares y motores eléctricos. (Matthew N & Charles, 2016) Su unidad de medida es el Henrio (H)

Resistencia: la resistencia eléctrica indica la oposición que presentan los conductores al paso de la corriente eléctrica. Su unidad de medida es el Ohm (Ω).

RMS: Definido como raíz media cuadrática (root mean square) es el valor eficaz de una señal variante en el tiempo de corriente o tensión, por ejemplo, los datos arrojados por un multímetro en las opciones de corriente y tensión son valores RMS. El valor RMS es el valor del voltaje o corriente en C.A. que produce el mismo efecto de disipación de calor que su equivalente de voltaje o corriente directa (Electronica Unicom, 2021).

Tolerancia: Tolerancia de una magnitud es el intervalo de valores en el que debe encontrarse dicha magnitud para que se acepte como válida.

Volt: Es la unidad de potencial eléctrico y fuerza electromotriz equivalente a la diferencia de potencial eléctrico que hay entre dos puntos de un hilo conductor, que transporta una corriente constante de 1 Amper, cuando la potencia disipada entre estos puntos es de 1 Vatio (Real Academia Española, 2021). Su símbolo es (V).

Resumen

Título: Diseño y elaboración de las prácticas de laboratorio de la asignatura circuitos eléctricos II utilizando matlab*

Autor: Hader Alexander Ruiz Rivera, Francisco Andrés Sánchez Ayala**

Palabras Clave: Diseño, medición, operación, análisis de sistemas eléctricos de potencia, App Designer, Matlab

Descripción

La crisis generada por el coronavirus (COVID-19) ha paralizado el planeta entero, implicando grandes cambios en el estilo de vida de las personas y, por ende, en la forma en que se realizan las actividades cotidianas. Por tal motivo, sectores como el de la educación ha tenido que reestructurarse para seguir formando a sus estudiantes de manera virtual con el objetivo de mantener o aumentar la calidad. Uno de los principales retos ha sido el cambio en la realización de las prácticas de laboratorio por la necesidad de emplear instrumentos y equipos de diferentes índoles, como, por ejemplo, instrumentos de medición en lugares con las condiciones óptimas para realizarlos. Por tal motivo, se ha venido desarrollando e implementando nuevas tecnologías para mantener la calidad de la educación en la modalidad de presencialidad remota. Así que, se ha buscado por medio de las herramientas tecnológicas que ofrece la universidad a los estudiantes un software donde se pueda desarrollar las prácticas de laboratorio de la asignatura en mención, permitiendo continuar con el proceso de formación y garantizar la calidad de la educación. El software elegido, ha sido una de las aplicaciones en Matlab llamada app designer donde se incorporarán los diferentes elementos e instrumentos necesarios para la realización de las prácticas.

* Proyecto de Grado

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones. Dr. Hermann Raúl Vargas Torres. Dr. Ingeniería Eléctrica.

Abstract

Title: Design and elaboration of the laboratory practices of the subject electrical circuits II using matlab *

Author: Hader Alexander Ruiz Rivera, Francisco Andrés Sánchez Ayala**

Key Words: Design, measurement, operation, analysis of electrical power systems, App Designer, Matlab

Description

The crisis generated by the coronavirus (COVID-19) has paralyzed the entire planet, involving great changes in people's lifestyles and, therefore, in the way in which daily activities are carried out. For this reason, sectors such as education have had to restructure to continue training their students virtually in order to maintain or increase quality. One of the main challenges has been the change in the performance of the laboratory practices due to the need to use instruments and equipment of different kinds, such as, for example, measuring instruments in places with the optimal conditions to perform them. For this reason, new technologies have been developed and implemented to maintain the quality of education in the remote presence modality. So, through the technological tools offered by the university to the students, a software has been sought where the laboratory practices of the subject in question can be developed, allowing to continue with the training process and guarantee the quality of education. The chosen software has been one of the Matlab applications called app designer where the different elements and instruments necessary to carry out the practices are incorporated.

* Graduation project

** Faculty of Physicomechanical Engineering. School of Electrical, Electronic and Telecommunications Engineering. Dr. Hermann Raúl Vargas Torres. Dr. Electrical Engineering

Introducción

La crisis generada a nivel mundial por el Covid-19 ha afectado la estructura social y económica de las naciones, y las instituciones educativas no han sido la excepción, entre las afectaciones que la pandemia ha producido esta el distanciamiento social lo que a su vez en los centros de educación presencial llevo a cambiar la forma en que se difunde la educación (Vicentini, 2020).

Según la Unesco más de mil quinientos millones (1.500.000.000) de estudiantes no pueden asistir presencialmente a los centros de enseñanza por el Covid – 19 (Canaza-Choque, 2020). Por ende, los colegios y Universidades han sido forzados a explorar y experimentar con nuevas estrategias que permitan llevar el conocimiento a los estudiantes sin necesidad de salir de sus residencias. Las opciones utilizadas han sido realizar clases a distancia virtual o presencialidad remota. Sin embargo, una de las mayores dificultades ha sido lograr una adecuada interacción entre docentes y estudiantes por la condición limitada de conexión internet y en general a la baja disponibilidad de las herramientas tecnológicas necesarias para llevar a cabo una educación virtual.

A su vez, los laboratorios académicos son de vital importancia en la formación de los estudiantes ya que por medio de ellos se permite aclarar, conceptualizar y aterrizar la información teórica recibida en las clases. Además, en los laboratorios se presentan las aplicaciones a las que se pueden enfrentar los estudiantes cuando inicien su vida profesional laboral desarrollando el auto aprendizaje basado en las experiencias. Por ende, los aspectos claves en el proceso de aprendizaje de los estudiantes en el ámbito teórico como en el ámbito práctico son las experiencias adquiridas que les permiten desarrollar habilidades y destrezas al

cuestionar sus conocimientos y confrontarlos con la realidad (Lopez Rua & Tamayo Alzate, 2012).

Los laboratorios de electricidad son necesarios debido a su complejidad e importancia, cuando se hace referencia a la complejidad de estos laboratorios es necesario aclarar que dicha dificultad radica en realizarlos adecuadamente ya que una falla u omisión al llevar a cabo un procedimiento puede generar un accidente a una o más personas, así como la afectación de las instalaciones de un sistema eléctrico. Los laboratorios eléctricos permiten observar y aprender a cerca del funcionamiento de los sistemas eléctricos y de los elementos por los que puede estar compuesto. Por otra parte, realizar las prácticas de laboratorio propuestas en el plan de las asignaturas sin disponer de un lugar especializado para hacerlas ha implicado más retos para la transición educativa hacia la virtualidad o presencialidad remota, puesto que necesario disponer de herramientas, instrumentos y lugares específicos para una adecuada y correcta realización de las prácticas. Sin embargo, gracias a los softwares desarrollados actualmente es posible implementar o crear las herramientas e instrumentos necesarios logrando configurar que el proceso de respuesta sea muy similar al obtenido en la realidad al tener en cuenta los aspectos propios de los materiales involucrados en el desarrollo de una práctica de laboratorio presencial. De tal modo que se logre simular los componentes físicos necesarios por medio de un software computacional o una app telefónica.

Un software muy conocido por su versatilidad, múltiples aplicaciones y productos junto con la posibilidad de comunicación con otros programas es matlab ya que brinda diferentes funciones en los diferentes campos de investigación siendo usada por millones de ingenieros y científicos de todo el mundo. Matlab no solo es un software de programación, actualmente ofrece más de 100 productos como lo son matemáticas y optimización, modelado físico, pruebas y simulación

en tiempo real, sistemas de control, entre otros (The MathWorks, Inc., 2021), además gracias a la interfaz gráfica appdesigner se pueden realizar aplicaciones en donde se diseña los componentes visuales del usuario y se programa su comportamiento permitiendo crear aplicaciones profesionales sin tener que ser un desarrollador de software profesional. En app designer se consigue crear aplicaciones con componentes estándar como botones, listas desplegables, también proporciona controles como indicadores, lámparas perillas, interruptores, entre otros.

1. Objetivos

1.1 Objetivo general

Elaborar un manual que contenga las prácticas de laboratorio de la asignatura de Circuitos Eléctricos II de la Universidad Industrial de Santander, diseñando las prácticas en el entorno de desarrollo interactivo App Designer de Matlab.

1.2 Objetivos específicos

Entregar un manual que contenga las prácticas del laboratorio de la asignatura Circuitos Eléctricos II de la Universidad Industrial de Santander.

Implementar las prácticas con los instrumentos de medida y equipos empleados en el laboratorio por medio del software Matlab utilizando el entorno de desarrollo interactivo App Designer.

Realizar un video tutorial en el que se explique el funcionamiento de las prácticas de laboratorio y sus respectivos equipos e instrumentos de medición en App Designer.

2. Prácticas de laboratorio

Este trabajo de grado nace de la necesidad de realizar las prácticas de laboratorio de la asignatura circuitos eléctricos II de la escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones de la UIS, cuando los estudiantes no puedan asistir de manera presencial a las instalaciones de la Universidad y se esté realizando de manera virtual el proceso de formación de los estudiantes, actualmente conocido como presencialidad remota. Para ello se pretende elaborar y diseñar 12 prácticas de laboratorio, una para cada sesión, abarcando los temas vistos en las clases durante el actual y anterior semestre de la asignatura circuitos eléctricos (I y II). A continuación, se nombran las prácticas de laboratorio que se realizan actualmente:

Práctica I. Simulación de circuitos eléctricos.

Práctica II. Instrumentos de medición.

Práctica III. Circuitos eléctricos básicos.

Práctica IV. Análisis transitorio de circuitos eléctricos.

Práctica V. Circuitos trifásicos – Medición de tensión.

Práctica VI. Circuitos trifásicos – Medición de potencia.

Práctica VII. Respuesta en frecuencia (Simulación).

Práctica VIII. Respuesta en frecuencia de filtros pasivos.

Práctica IX. Circuitos magnéticamente acoplados.

Práctica X. Circuitos magnéticamente acoplados – Conexión trifásica.

Práctica XI. Análisis transitorio en circuitos eléctricos no básicos.

Práctica XII. Redes de dos puertos – Parámetros en Y

Dichas prácticas se establecieron mediante dos herramientas de software, una de ellas ya se venía utilizando en la asignatura y laboratorio, el cual es OrCAD versión evaluativa, y se utiliza para la simulación ideal de los circuitos eléctricos, el otro es MATLAB, el cual es un software matemático cuya licencia es otorgada por la Universidad a los estudiantes de manera gratuita. A continuación, en el desarrollo del capítulo se realizará una descripción de los instrumentos utilizados en cada sesión de laboratorio. Además, todas las prácticas se anexarán en un solo documento llamado manual del laboratorio de la asignatura circuitos eléctricos II.

2.1 Estructura de las prácticas

Las prácticas estarán compuestas por unos objetivos, una introducción, marco teórico, pre informe o actividades previas (en caso de ser necesario), materiales a utilizar y desarrollo de la práctica. El tiempo invertido en el desarrollo de la práctica está asociado a los temas propuestos por cada sesión, en algunos casos se hace necesario realizar actividades previas de investigación o en el software de simulación OrCAD. A continuación, se brindará información sobre los programas necesarios a lo largo del transcurso de la materia, los instrumentos y materiales que se utilizan, y que son de especial importancia para implementarlos en Appdesigner de matlab.

Orcad es un software que proporciona una herramienta muy útil e interesante para determinar el funcionamiento de circuitos eléctricos y electrónicos tanto analógicos como digitales, Orcad es un programa ampliamente utilizado para el diseño de circuitos electrónicos. Consta de dos bloques básicos: una herramienta para la simulación del comportamiento de circuitos electrónicos (PSPICE) y una herramienta para el diseño de placas de circuito impreso, PCB,

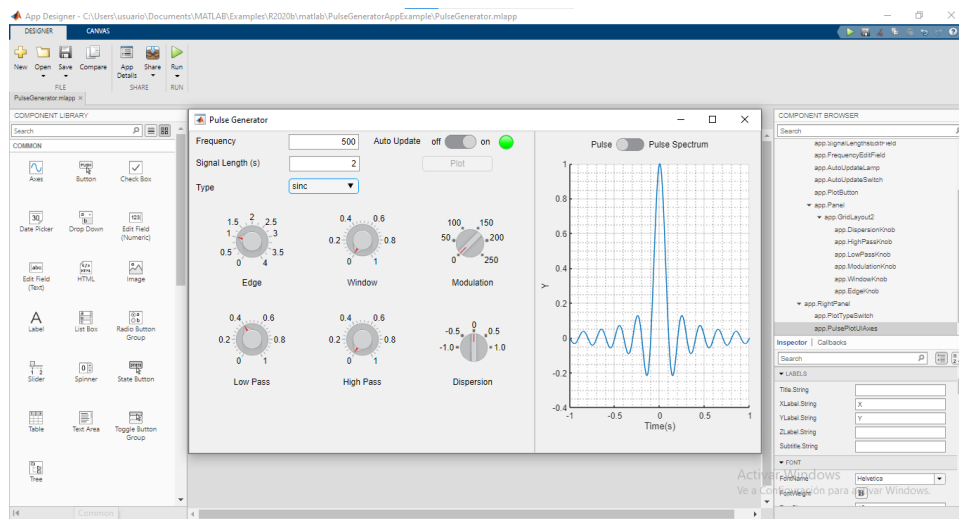
(Layout) (Perez , 2015). Sin embargo, en el laboratorio de circuitos eléctricos solo se hará uso de la función Pspice ya que no se harán ensamblajes que necesiten diseños de placas PCB.

Appdesigner integra las dos tareas principales en la creación de una app: la organización de los componentes visuales de una interfaz gráfica de usuario (GUI) y la programación del comportamiento de la app. También, App designer es un entorno gráfico de desarrollo de interfaces introducido en R2016a que incluye una versión totalmente integrada del editor de Matlab. En este caso, las vistas de diseño y código están estrechamente vinculadas, de modo que los cambios que se realizan en una afectan inmediatamente a la otra. Por lo que, en este sentido, cabe resaltar que en este entorno de trabajo se optimiza la forma de programar con respecto a la utilizada en Guide, ya que se facilita el acceso a las propiedades de los componentes, la declaración de callbacks o la forma de compartir información entre estas (Cid Espinosa , 2018).

A continuación, se describirá algunas de las herramientas presentes en app Designer por medio de un ejemplo llamado “pulse generator” que brinda la aplicación. En la figura 1 se observa un ejemplo donde se visualizan algunos de los componentes que brinda app designer y su presentación, entre los elementos se pueden destacar botones, interruptores, leds, editores de texto, editores numéricos, desplegados, visualizador gráfico (Axes), entre otros, los cuales se encuentran en la parte izquierda de la ventana (Component Library), basta para utilizarlos seleccionarlos y arrastrarlos hasta la ventana de diseño. Al lado derecho de la figura 1 se encuentran los nombres elegidos para cada elemento elegido del component library y el editor característico de cada componente utilizada. Para conocer más acerca de app designer en el cual se encuentra la información detallada sobre el uso y características de cada herramienta en este entorno de desarrollo gráfico.

Figura 1.

Pulse generator, ejemplo de aplicación en app designer



Nota. Ejemplo de una aplicación en app designer en la cual se ilustra una de las múltiples opciones de desarrollo que tiene. Tomado de: Matlab/ R2020b/ matlab/ PulseGeneratorAppExample.

2.2 Instrumentos del laboratorio

El laboratorio de la asignatura Circuitos Eléctricos II de la Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones de la Universidad Industrial de Santander cuenta con instalaciones óptimas para que los estudiantes realicen las prácticas de laboratorio y lleven la teoría vista en las aulas de clase y la apliquen a la realidad.

El laboratorio cuenta con dos tipos de áreas de trabajo donde los estudiantes pueden desarrollar las prácticas. En la primera se encuentran:

- Osciloscopio
- Fuente de tensión DC
- Generador de señales

En la segunda se encuentran:

- Fuente de tensión AC
- Banco de resistencias
- Banco de capacitores
- Banco de inductores

Aparte de los instrumentos de cada Área, el laboratorio cuenta con una bodega donde se pueden prestar los demás instrumentos como son:

- Multímetro
- Amperímetro
- Cosenofímetro
- Vatímetro
- Transformadores
- Demás elementos eléctricos y electrónicos

2.2.1 Cosenofímetro

El cosenofímetro (Véase figura 2) es un instrumento utilizado para medir el factor de potencia en un circuito eléctrico indicando la eficiencia del sistema que a su vez también indica sobre la calidad de la energía. El factor de potencia es el coseno de la diferencia de fase entre la tensión (voltaje) y la corriente, También es igual al coseno del ángulo de la impedancia de la carga. Conocer el factor de potencia en una instalación es importante ya que por medio de este diagnóstico se puede prevenir posibles fallas en el sistema como lo son motores, transformadores

y demás elementos de la red eléctrica. Además, al conocer el factor de potencia se logra establecer si el valor está dentro del rango permitido por las diferentes normas o si hay que corregirlo, el factor de potencia se corrige con bancos de condensadores o bancos de inductores según sea la necesidad.

Figura 2.

Cosenofímetro o medidor de factor de potencia analógico monofásico



Nota. Instrumento de medición del factor de potencia que indica si la carga es inductiva o capacitiva. (s.f) Tomado de <http://www.kdsimeter.com/Factory-direct-sales-BE-72-COS-5A-220V-single-phase-analog-power-factor-meter-pd46652666.htm>

2.2.2 Fuente de tensión DC

Se puede definir como un conjunto de partes eléctricas y electrónicas que convierten la señal de corriente alterna a corriente directa a través de varias etapas que son transformación, rectificación, filtrado y regulación; este equipo cuenta con tres salidas de tensión, dos salidas son

graduables de 0-32 V y la restante con un valor fijo en sus bornes de 5V, se anexa ficha técnica de este modelo el cual es ilustrado en la figura 3

Figura 3.

Fuente de tensión de corriente continua de Bk Precision modelo 1672



Nota. Fuente de tensión directa o continua que cuenta con 3 módulos de salida de tensión, dos de ellos pueden entregar de 0-32 Volts y un tercero siempre 5 volts. (s. f) Tomado de <https://www.finaltest.com.mx/B-K-Precision-1672-p/1672.htm>

2.2.3 Generador de señales

Un generador de señales (véase figura 4) es un instrumento que proporciona señales eléctricas. En concreto, se utiliza para obtener señales periódicas (la tensión varía periódicamente en el tiempo) controlando su periodo (tiempo en que se realiza una oscilación completa) y su amplitud (máximo valor que toma la tensión de la señal) (Departamento de Ecuaciones Diferenciales y Analisis numerico, 2020). Típicamente, genera señales de forma cuadrada, triangular y sinusoidal. Este generador de señales posee un rango de variación de frecuencia

desde 0.1 Hz -10 MHz y un rango de variación de 20V pico a pico, sin embargo, estos datos se presentan con mayor claridad en la ficha técnica del equipo.

Figura 4.

Generador de señales de BK Precisión modelo 4017 A



Nota. Generador de 3 tipos de señales, triangular, sinusoidal y cuadrada. También cuenta con un rango de frecuencia de hasta 10 mega Hertz y una amplitud pico a pico de 20 Volts. (s. f) Tomado de <https://www.finaltest.com.mx/BK-Precision-4017A-p/4017a.htm>

2.2.4 Multímetro

Un multímetro (véase figura 5) es un instrumento que permite medir directamente magnitudes eléctricas activas como corriente y diferencia de potencial o pasivas como resistencias, capacidades entre otras según el tipo de multímetro (Facultad de Matematicas, Astronomia, Fisica y Computacion , 2018). Las medidas se pueden realizar para sistemas de corriente continua o alterna dependiendo del tipo de sistema, Además un multímetro convencional permite analizar continuidad en los elementos eléctricos lo que permite realizar diagnósticos al momento de presentarse alguna falla de flujo eléctrico en el sistema. Los multímetros normalmente presentan diferentes tipos de escalas que se deben ajustar al valor más

cercano esperado en la medición, de esta manera se disminuyen los errores y el multímetro muestra correctamente en la pantalla la medida especificada. En el caso de la tensión se debe tener en cuenta que la lectura realizada por el instrumento es el valor eficaz o RMS. Por último, es importante tener con claridad las maneras correctas de realizar cada tipo de medición en los elementos.

Figura 5.

Multímetro o tester UNI-T 39 C+



Nota. Multímetro digital de la marca UNIT que mide corriente, tensión, resistencia y continuidad, cuenta con múltiples escalas de medida según sea la medición que se esté realizando. (s. f) Tomado de <https://www.amazon.com/-/es/UNI-T-UT39A-UT39C-Mult%C3%ADmetro-retroiluminaci%C3%B3n/dp/B07QV6W8R8>

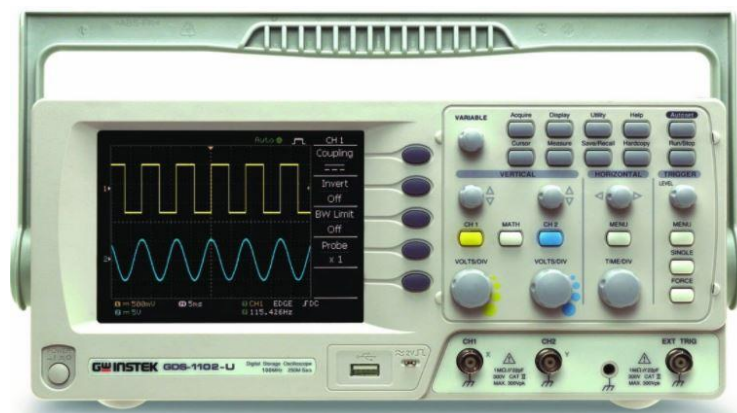
2.2.5 Osciloscopio

Es un equipo que permite visualizar tensiones eléctricas que varían en el tiempo (véase figura 6). Cuando una señal de tensión es aplicada al terminal de entrada (INPUT) del osciloscopio, en la pantalla de este aparecerá una representación gráfica de la tensión en función del tiempo

(siempre que los mandos de control del osciloscopio estén bien ajustados). Normalmente, los osciloscopios sólo permiten visualizar señales que son periódicas en el tiempo, pero esto es suficiente en la inmensa mayoría de las aplicaciones (Departamento de Ecuaciones Diferenciales y Analisis numerico, 2020). El osciloscopio no sólo permite visualizar la señal, sino también medir el periodo, la amplitud, entre otras. Para ello, se utilizan las escalas horizontal y vertical, los cursores y ampliaciones o reducciones en los ejes de la pantalla y de esta manera obtener la mayor información posible de las señales representadas.

Figura 6.

Osciloscopio Gw instek modelo GDS – 1102 - U



Nota. Instrumento que permite visualizar señales en el tiempo real a diferentes escalas de tiempo y amplitud, además permite realizar mediciones de magnitudes físicas y eléctricas. (s. f) Tomado de <https://www.finaltest.com.mx/GW-Instek-GDS-1102-p/gds-1102.htm>

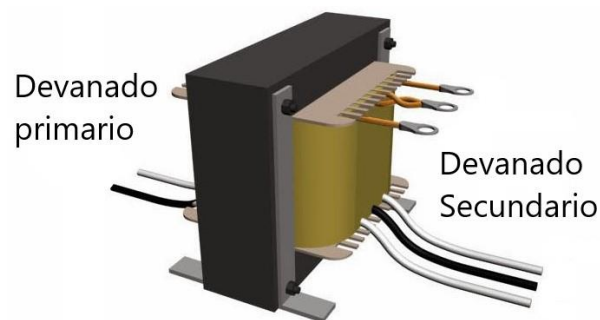
2.2.6 Transformador

El transformador es un dispositivo que se encarga de "transformar" el voltaje de corriente alterna que tiene a su entrada en otro de diferente amplitud, que entrega a su salida. Se compone

de un núcleo de hierro sobre el cual se han arrollado varias espiras (vueltas) de alambre conductor. Este conjunto de vueltas se llaman devanados y se denominan: Devanado primario a aquella que recibe el voltaje de entrada y Devanado secundario a aquella que entrega el voltaje transformado (Instituto Nacional de Tecnologías y de Formación del Profesorado , 2020). Los transformadores (véase figura 7) han jugado un papel importante en la transmisión de la energía eléctrica ya que al cambiar el nivel de tensión con el que sale de las plantas de generación sin cambiar la potencia de despacho se disminuye la corriente que circula, logrando disminuir los costos de envío de energía a grandes distancias. Por otro lado, la naturaleza elevadora o reductora de tensión de un transformador depende únicamente de sus devanados primario y secundario que se definen según el número de espiras en cada bobinado. Actualmente existen diferentes tipos de transformadores como lo son en aceite, secos, entre otros, en los que su uso depende de la aplicación en que se vaya a utilizar.

Figura 7.

Transformador de potencia monofásico de baja potencia



Nota. Transformador de potencia monofásico con 2 salidas de tensión en el devanado secundario. Barrera, C, el transformador monofásico de baja potencia (2014) tomado de: <https://modulo-de-3-sistemas-electricos.blogspot.com/2014/02/el-transformador-monofasico-de-baja.html>

2.2.7 Vatímetro

El vatímetro (véase figura 8) es el dispositivo que permite realizar la medición de los vatios que hay en un flujo eléctrico. El vatio, también conocido como watt, es la unidad de medida que equivale a un Joule por segundo y se emplea para medir la potencia activa en un circuito. Los Vatímetros están formados por bobinas móviles y fijas, la bobina móvil es la encargada de la lectura de la medición de tensión, esta bobina está conectada de manera paralela al circuito y con una resistencia de alto valor para limitar la corriente que circula a través de ella. Las bobinas fijas son también conocidas como bobinas amperimétricas están conectadas en serie y su resistencia es muy baja para propiciar que la corriente circule a través de ellas (Perez , 2015).

Figura 8.

Vatímetro o wattmetro analógico SACI modelo WC3VE



Nota. Vatímetro analógico Monofásico de la marca SACI con tensión de 220 Volts y 5 Amperes de corriente. (s. f)

Tomado de <https://www.sirioled.com/vatimetro-analogo-electronico-96x96.html>

2.2.8 Fuente de tensión ac monofásica y trifásica

Las fuentes de tensión trifásicas o monofásicas existentes en el laboratorio de circuitos eléctricos de la Uis tienen las características suministradas por la red de energía local de baja tensión, poseen una tensión RMS de 127V por fase y 220V de línea y tienen un rango de variación de tensión de $\pm 5\%$. La frecuencia a la que operan oscila entre los 59.8 a 60.2 Hz. La fuente trifásica se puede configurar en dos tipos de conexión estrella (Y) o Delta (Δ) según se requiera.

Finalmente, en el laboratorio se encuentran diferentes tipos de impedancias como lo son resistencias, inductores y capacitores, el uso de cada impedancia depende de lo que se pretenda realizar en cada ítem de la sesión. Actualmente los estudiantes deben llevar las resistencias, capacitores e inductores para aplicaciones de baja potencia, en los casos de potencias más elevadas se pueden utilizar los elementos disponibles en el laboratorio, banco de resistencias, banco de capacitores y banco de inductores de aplicación especial en sistemas trifásicos.

3. Resultados

Los elementos mencionados anteriormente se crearon mediante APP DESIGNER de modo que realicen el laboratorio de manera virtual y se logre emular el laboratorio presencial. Para ello, se buscaron los elementos en el mercado, se eligió una marca y una referencia para así obtener los datos propios de cada uno y emular aspectos de la realidad como lo son: la incertidumbre y la tolerancia, junto con algunos aspectos físicos (Apéndice A).

A continuación, se muestra la APP de una sesión de laboratorio y las aplicaciones de los instrumentos y elementos que existen en el laboratorio por medio de la app designer de MATLAB.

3.1 App Designer

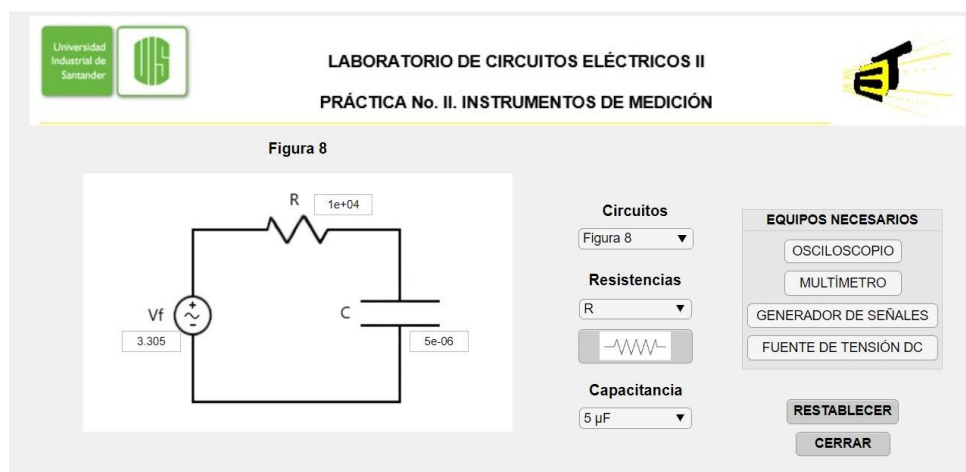
Todas las APP's están entrelazadas por medio de métodos, propiedades y funciones, esto es posible creando una APP principal la cuál siempre va a ser la APP de la práctica de laboratorio que va a desarrollar el estudiante, por tal motivo, siempre el estudiante solo podrá abrir y ejecutar primero la APP de la práctica, ya que, si deseara ejecutar otra aplicación, MATLAB mostraría un error ya que las demás APP necesitan datos de entrada suministrados por la aplicación principal. De esta manera se controla y se lleva un orden claro y conciso para que el estudiante no se pierda ni confunda al momento de utilizar el laboratorio virtual.

3.2 Práctica en app designer

En la figura 9 se observa el estilo de la aplicación en que se encuentra la práctica en app designer que cuenta con los elementos necesarios para realizar la ejecución de la sesión de laboratorio. En esta app se encuentran los siguientes datos, inicialmente se enuncia el número de práctica y el o los temas asociados a esta sesión, seguidamente se encuentran con una barra desplegable donde se selecciona el circuito, finalmente se encuentran los instrumentos de medición y elementos activos y pasivos del sistema para seleccionar sus valores. Una vez elegido el circuito se procede a cargar los datos circuitales tales como valor de resistencia, inductancia, capacitancia y fuente de DC o AC necesarios para su funcionamiento, seguidamente según se necesite por medio del osciloscopio, multímetro, vatímetro u otros instrumentos de medición se puede llevar a cabo el respectivo análisis del circuito.

Figura 9.

Estilo de ventana principal o práctica de laboratorio.



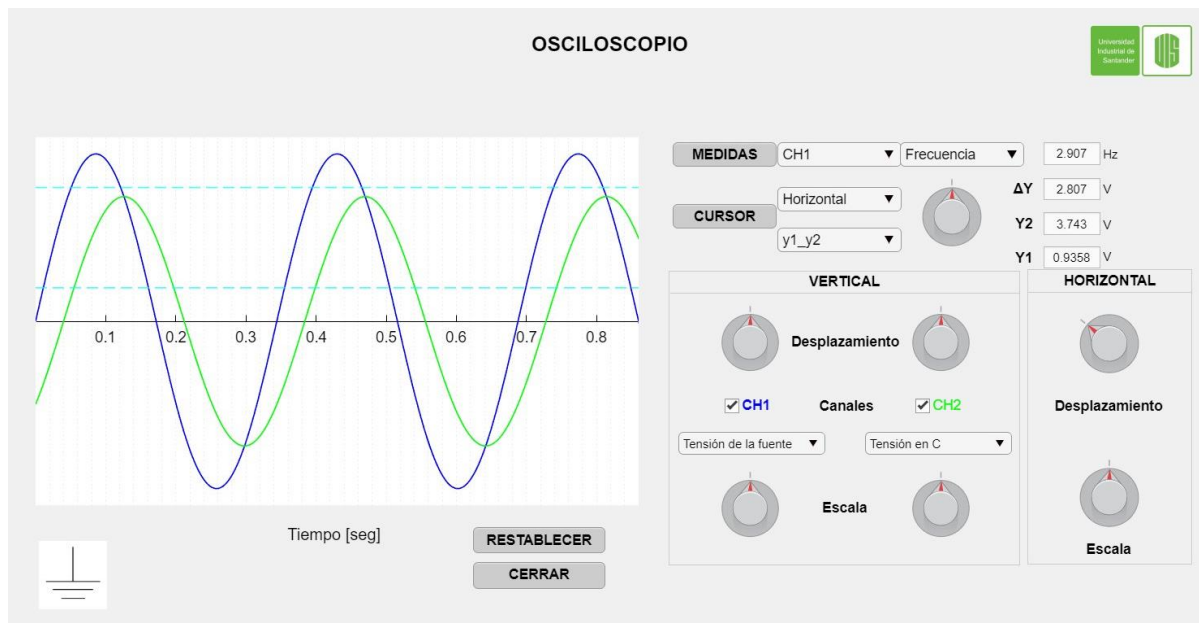
Nota. Imagen de la aplicación principal para una sesión de laboratorio que incluye los elementos que se necesitaran para realizar correctamente las prácticas.

3.3 Instrumentos de medición en APP designer

3.3.1 Osciloscopio

El osciloscopio al ser un instrumento especializado en la visualización electrónica de las representaciones de las diferentes formas de onda, cuenta con dos canales de visualización gráfica a las cuales se les podrá realizar zoom, desplazar verticalmente como horizontalmente y escalar además por medio del botón medidas se puede tener conocimiento de algunos valores esenciales de cada onda como lo son el valor pico, el valor pico a pico, el valor RMS (que proviene de Root Mean Square, que traducido al español es valor eficaz o valor medio cuadrático), entre otros. También si se utiliza el botón llamado cursor se podrá calcular deltas en el eje de amplitudes o en el eje de tiempo, por último, cuenta con un botón llamado restablecer cuya función es volver al estado original las ondas visualizadas en el graficador. No obstante, para usar este osciloscopio es necesario haber cargado los datos necesarios del circuito. Ver figura 10.

Figura 10.

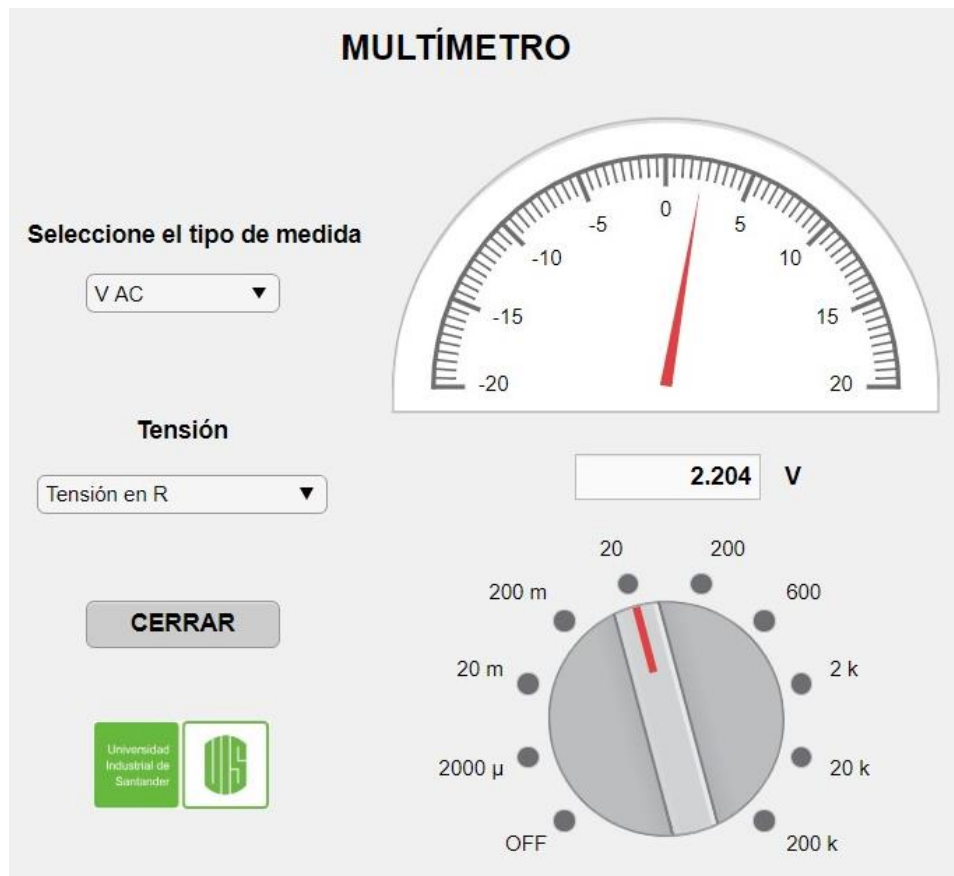
Osciloscopio

Nota. Osciloscopio creado en app designer mostrando algunas de las diferentes tipos de acciones que se pueden realizar en esta aplicación.

3.3.2 Multímetro

El multímetro diseñado (véase figura 11) cuenta con las opciones básicas de medición como lo son resistencia, tensión y corriente, en el caso de la tensión y la corriente es necesario graduar la escala para que se vea adecuadamente la medición realizada. La medición de la resistencia como bien es conocido se debe realizar con el circuito des energizado es decir con la fuente de tensión ya sea alterna o continua en valor de 0V. El multímetro muestra el valor de la medición simulando el sistema analógico y digital. Además, para realizar una medición primero se debe indicar que tipo de medición se va a realizar, es decir tensión, corriente o resistencia, seguidamente se indica en cual elemento se desea realizar la medición.

Figura 11.

Multímetro

Nota. Multímetro realizando una lectura de tensión en corriente alterna de una resistencia en la escala de 20 mostrando su valor en lectura de manera digital y analógica.

3.3.3 Vatímetro

El Wattmetro o Vatímetro, ver figura 12 es un instrumento de medición de potencia de corriente continua o alterna, en el caso de los sistemas de corriente alterna se debe tener en cuenta si se va a realizar una medición monofásica o trifásica, además de saber si la medición se realiza sobre la fase o la línea. El modo de uso de este instrumento se realiza de la siguiente

manera. Inicialmente se elige si se va a realizar una medición monofásica, de continua o trifásica, seguidamente se debe elegir la escala de la corriente para la visualización de la potencia en el tablero análogo y así tomar los datos de la medición de la manera adecuada

Figura 12.

Vatímetro o Wattmetro



Nota. Instrumento de medición de potencia monofásica y trifásica, en la medición trifásica permite realizar la medición de los 3 vatímetros o de tipo Aarón.

3.3.4 Cosenofímetro

Este instrumento (véase figura 13) fue creado para mostrar el factor de potencia de un circuito ya sea monofásico, este recibe la información arrojada por la diferencia de ángulos de la

tensión y la corriente a lo que después al aplicarle el coseno a la diferencia de ángulos arroja por medio de la aguja e indica si está en adelanto o en atraso, es decir si el circuito es capacitivo o inductivo.

Figura 13.

Cosenofímetro analógico



Nota. Instrumento de medición de factor de potencia analógico para el cual si está en adelanto indica CAP y si está en atraso indica IND.

3.4 Generadores de tensión

3.4.1 Fuente de tensión dc

La fuente de tensión de tensión continua cuenta con dos módulos generadores de tensión de los cuales se pueden usar de manera independiente o los dos al tiempo en caso de requerirse más

de una fuente. Para utilizarlo se deben seguir los siguientes pasos, Inicialmente encender la fuente de tensión por medio del interruptor, seguidamente se elige si se van a utilizar las dos fuentes o 1 sola, a continuación, se selecciona el valor de la fuente de tensión por medio de las perillas y por último se envían los datos hacia el circuito realizando al pulsar en el botón Cargar. Ver figura 14.

Figura 14.

Fuente de tensión de corriente directa o continua (DC)



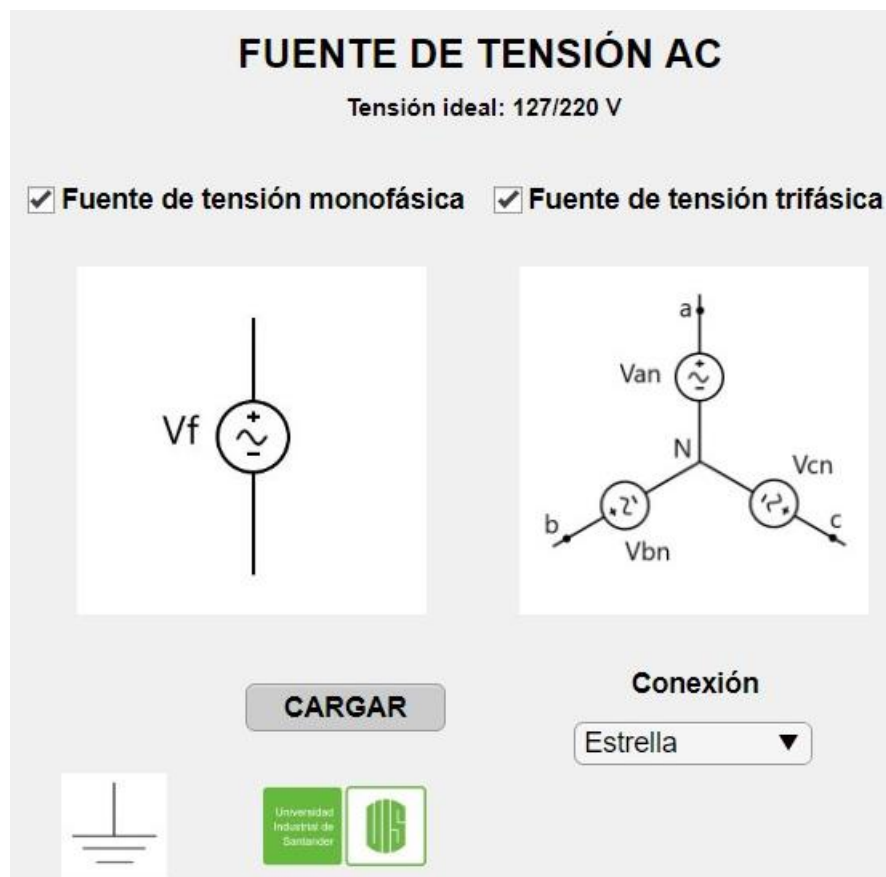
Nota. Fuente de tensión corriente con dos puertos de tensión con rango de salida de 0 – 32 volts cada puerto se puede utilizar de manera independiente o al tiempo.

3.4.2 Fuente de tensión AC, monofásica y trifásica

Diseñada para operar con una tensión monofásica de 127 V_{RMS} por fase y 220 V_{RMS} de línea, el rango de operación de la frecuencia opera de 59.8 a 60.2 Hz, la fuente trifásica se puede operar en conexión estrella (Y) o delta (Δ) y en secuencia positiva únicamente, ya que estas son las condiciones impuestas por la red.

Figura 15.

Fuente de tensión en corriente alterna monofásica y trifásica en conexión Y o Δ



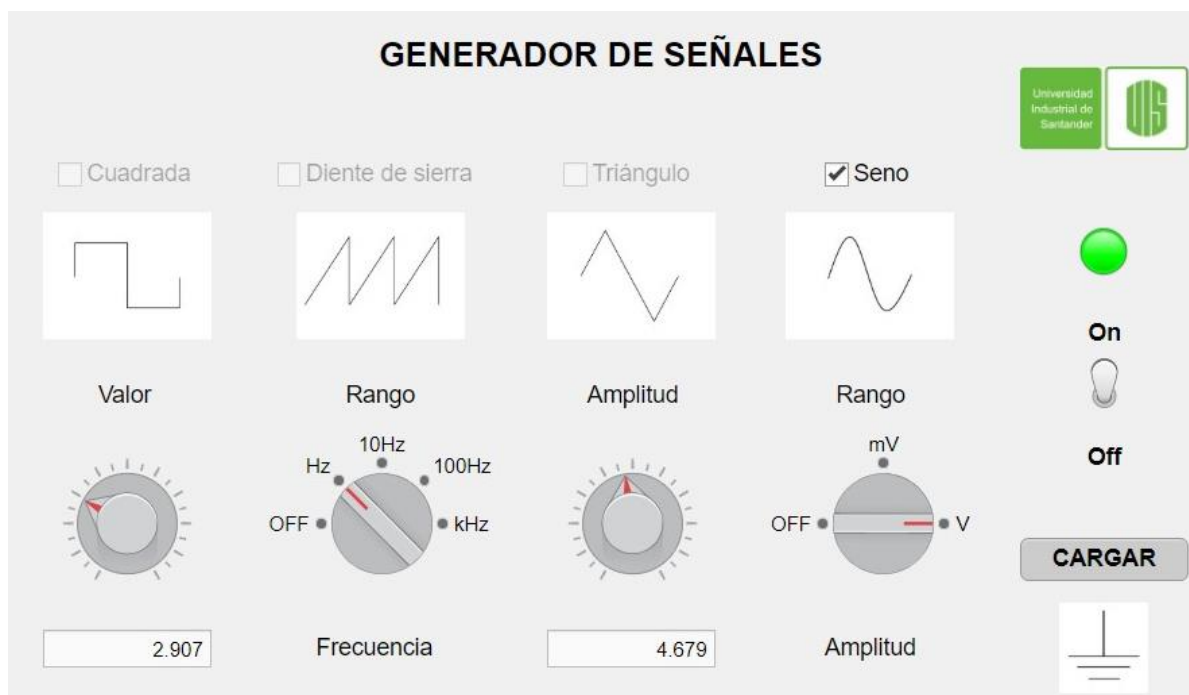
Nota. Fuente de tensión de corriente alterna en posibilidad de conexión monofásica o trifásica. Los valores de la fuente de tensión son 127 volts por fase y 220 volts de línea con una variación de $\pm 5\%$.

3.4.3 Generador de señales

El generador de señales cuenta con la posibilidad de elección entre las señales sinusoidal, cuadrada, diente de sierra y triangular variando los valores de frecuencia y amplitud de la señal elegida. El uso adecuado de el generador de señales se debe realizar de la siguiente manera, en primer lugar, encender el generador de señales por medio del interruptor, seguidamente elegir el tipo de señal, luego elegir el rango de tensión y frecuencia y ajustar por medio de las perillas el valor deseado en cada una de ellas, por último, presionar en el botón cargar para enviar la información de la señal elegida para el circuito en análisis.

Figura 16.

Generador de Señales de corriente alterna



Nota. Generador de señales en el tiempo con variación de frecuencia de hasta 10khz y una amplitud de 10 volts de amplitud.

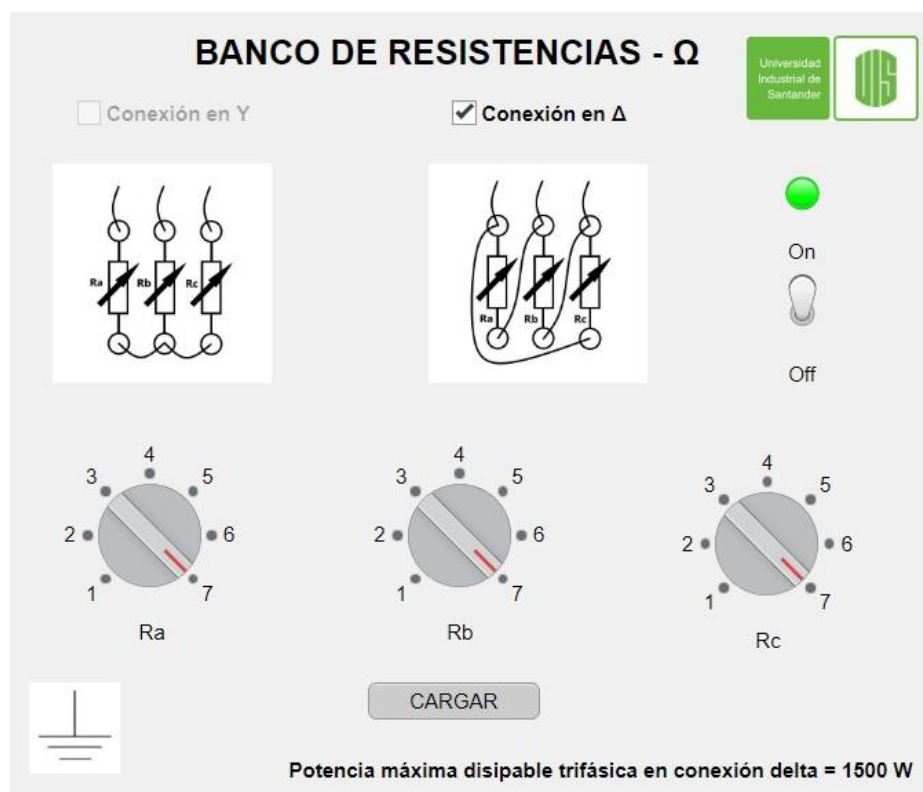
3.5 Impedancias monofásicas y trifásicas

3.5.1 Banco de resistencias

El banco de resistencias creado es utilizado comúnmente para sistemas trifásicos, este posee tres perillas una para cada fase, el valor de la resistencia se ajusta al mover la perilla a la posición deseada, los valores de cada posición están indicados en la guía de la practica correspondiente a sistemas trifásicos, en este instrumento se puede realizar la conexión en estrella o delta.

Figura 17.

Banco de resistencias trifásico con conexión Y o Δ



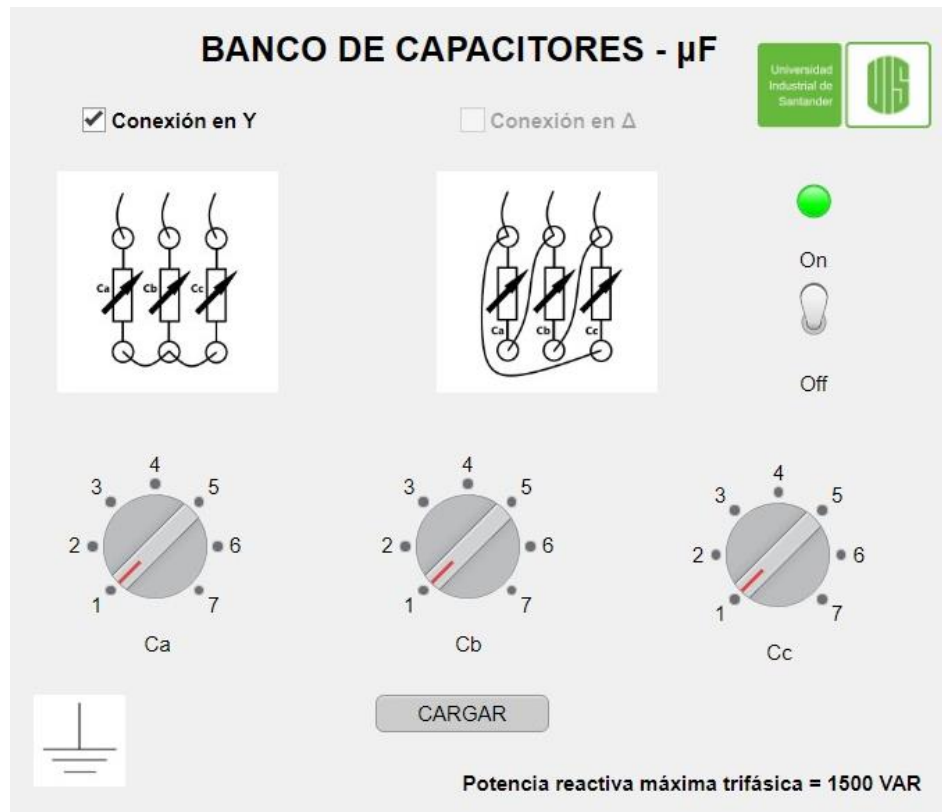
Nota. Banco de resistencias para conexión monofásica o trifásica con posibilidad de conexión en Y o Δ . Los valores de cada posición pueden verse en la tabla 1.

3.5.2 Banco de capacitores

El banco de Capacitores creado es utilizado comúnmente para sistemas trifásicos, este posee tres perillas una para cada fase, el valor de la capacitancia se ajusta al mover la perilla a la posición deseada, los valores de cada posición están indicados en la guía de la practica correspondiente a sistemas trifásicos, en este instrumento se pueden realizar la conexión en estrella o delta.

Figura 18.

Banco de Capacitores trifásico con conexión Y o Δ



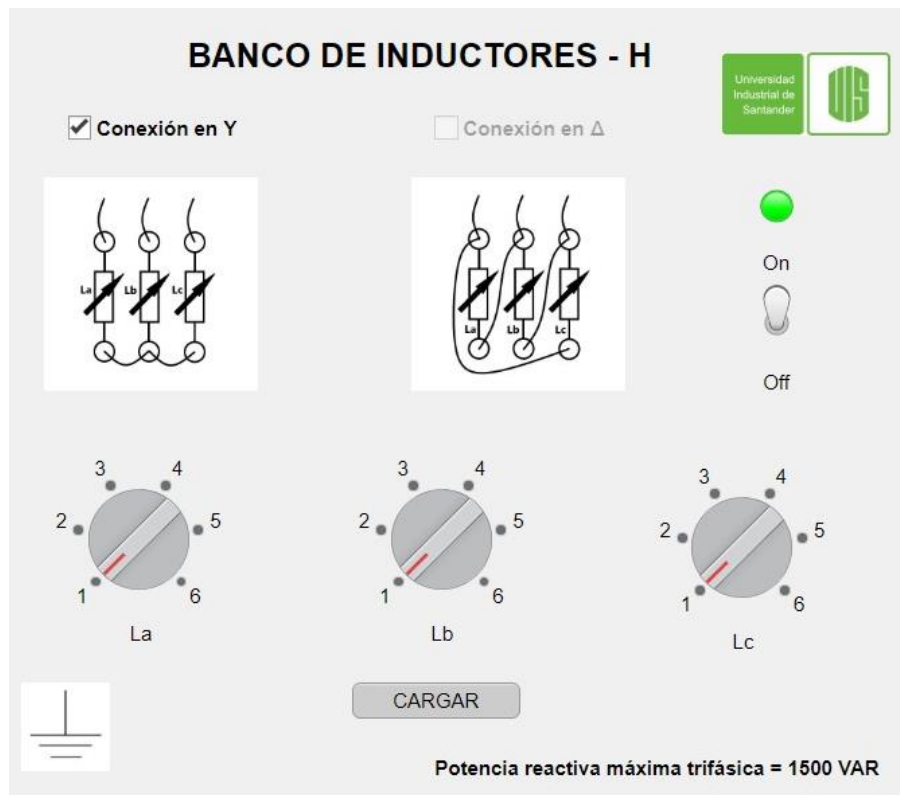
Nota. Banco de capacitores para conexión monofásica o trifásica con posibilidad de conexión en Y o Δ . Los valores de cada posición pueden verse en la tabla 2.

3.5.3 Banco de inductores

El banco de Inductores creado es utilizado comúnmente para sistemas trifásicos, este posee tres perillas una para cada fase, el valor de la inductancia se ajusta al mover la perilla a la posición deseada, los valores de cada posición están indicados en la guía de la práctica correspondiente a sistemas trifásicos, en este instrumento se pueden realizar la conexión en estrella o delta.

Figura 19.

Banco de Inductores trifásico con conexión Y o Δ



Nota. Banco de inductores para conexión monofásica o trifásica con posibilidad de conexión en Y o Δ . Los valores de cada posición pueden verse en la tabla 3.

3.5.4 Resistencias

El valor de cada resistencia varía según el código de colores y el número de bandas presente en cada una de ellas. Debido a esto para utilizar adecuadamente este instrumento inicialmente se elige el número de bandas de la resistencia, a continuación, se elige el color que va a llevar cada banda y por último se oprime el botón cargar para enviar el valor de la resistencia al sistema.

Figura 20.

Selector de valor de resistencia por código de colores



The image shows a software interface for selecting a resistor value based on its color code. At the top, it says "RESISTENCIAS - Ω" and has the logo of Universidad Industrial de Santander. The main part of the interface shows a 5-band resistor with a cyan body and five colored bands: brown, black, black, red, and gold. Below the resistor, there is a dropdown menu set to "5 Bandas". A text input field shows "10000" followed by the unit symbol "Ω" and a tolerance of "± 5%". Below this, there are five dropdown menus corresponding to the bands: "Marrón (1)", "Negro (0)", "Negro (0)", "Rojo (x100 ...)", and "Oro (± 5%)". At the bottom, there is a "CARGAR" button.

Nota. Selector de valor de resistencia según el número de bandas y los colores elegidos para cada Banda, como ejemplo esta una de 5 bandas con una resistencia de 10.000 Ω y una tolerancia de $\pm 5\%$.

3.6 Manual de prácticas en Appdesigner

A continuación, se establecen los pasos a seguir para la elaboración y desarrollo de cada práctica del laboratorio:

- La información recopilada para el desarrollo del presente manual se ha tomado de las guías de uso de los profesores William Razvan Castro Jaluba y Luis Carlos Mantilla Espinoza, quienes dictan actualmente el laboratorio de la asignatura. Por ende, las sesiones de laboratorio que se desarrollan en OrCAD versión evaluativa, se mantienen para el desarrollo en este mismo software (práctica 1 y práctica 7) y las prácticas que se desarrollan en appdesigner son las restantes.

- Ver los videos tutoriales sobre el manejo de la práctica y equipos del laboratorio que se encuentran en el canal de YouTube llamado programación con Matlab del cual anexamos el link en el apéndice B (<https://www.youtube.com/channel/UC9QfQ4V2uTzAHPV5EIMDApw>).

- Las dudas e inquietudes que surjan antes o en el desarrollo de la práctica realizarlas al profesor de la asignatura.

- las polaridades de corriente y tensión al no estar plasmadas en cada circuito es necesario que sean inferidas por análisis del circuito.

3.6.1 Recomendaciones para un buen desarrollo de las prácticas

- Tomar los datos necesarios para el desarrollo de la práctica.

- Realizar las investigaciones previas de la mejor manera posible, de tal modo que se tenga claridad en los temas que se desarrollaran en cada sesión de laboratorio.

- Las figuras de desarrollo de las prácticas de laboratorio van desde la figura 21, los títulos de cada imagen se han modificado por convenciones requeridas al formato del presente trabajo, por lo cual, los títulos de las imágenes se han reemplazado por *Circuito*, es decir donde debería aparecer *Figura 1 de la práctica 1* ahora aparece *Circuito 1 de la práctica 1*, véase Figura 21. Lo anterior mencionado sucede con todas las imágenes correspondientes al manual de prácticas de laboratorio de circuitos eléctricos II de la UIS. Sin embargo en cada carpeta de las prácticas para mayor facilidad se ha dejado una guía de lo que se debe realizar en cada sesión, en donde sí se corresponde el título de las imágenes con lo establecido en las aplicaciones en appdesigner.

- En cada numeral a desarrollar se deben adjuntar los esquemáticos de cada circuito con las respectivas gráficas resultantes del osciloscopio o el graficador de Orcad si la práctica se desarrolló en este software. También, adjuntar pantallazos de los resultados en los equipos de medida.

- Tener en cuenta los valores de las resistencias reales utilizadas para el desarrollo de la práctica

- Entregar siempre observaciones y conclusiones.

3.6.2 Recomendaciones con el uso de los equipos e instrumentos en Appdesigner. Apéndice c.

- Verificar siempre que el multímetro este configurado adecuadamente, según la naturaleza de la señal a medir (corriente, tensión, resistencia, etc.). Por ejemplo, para medir corriente debe estar en la posición de corriente y no en otra porque el equipo se puede averiar.

- Si se utilizan los cursores en el osciloscopio las medidas que se realicen son correspondientes al canal 2, por lo cual si las escalas no son las mismas entre el canal 1 y el dos las medidas que arroje con respecto del canal 1 son erróneas.

- No modificar nada en los equipos e instrumentos que pueda alterar el funcionamiento de las aplicaciones.

- No trasladar elementos de una carpeta hacia otra.

3.6.3 Práctica n^o i, simulación de circuitos eléctricos.

Objetivos

- Fomentar el uso de software de simulación para la evaluación previa de los circuitos a implementar.

- Conocer los tipos de análisis que se pueden realizar sobre las respuestas de un circuito con base en los parámetros y variables de este.

Introducción

OrCAD es un software propietario utilizado para automatización de diseño electrónico (EDA). El software es usado por técnicos e ingenieros de diseño fundamentalmente para simulación electrónica, crear esquemas electrónicos y elaborar esquemas de circuito impreso para manufacturar placas de circuito impreso (PCB).

Este software está compuesto por varios programas, uno de ellos es OrCAD Capture, el cual es una de las soluciones de diseño esquemático más utilizadas para la creación y documentación de circuitos eléctricos ya que permite realizar y simular esquemáticos de circuitos bajo un entorno gráfico.

Actividades Previas

Esta práctica no cuenta con actividades previas.

Equipos Necesarios


Tener instalado el software OrCAD (P Spice).

Actividades De Laboratorio

1. Crear un nuevo proyecto en OrCAD Capture.

Haga clic en el menú **File** y luego en **New -> Project**. Se abre una ventana de dialogo a través de la cual se define el proyecto de trabajo, así como la sesión a iniciar (*Schematics, Pcb Boards...*). Escriba el nombre del proyecto y escoja la opción “**Analog or Mixed-Signal Circuit Wizard**” (*Analog or Mixed A/D*) la cual sirve para el diseño y simulación de circuitos. Escoja una locación para guardar el proyecto y de click en **Ok**. Escoja “**Create a blank Project**”. A continuación, aparecerá la ventana de trabajo del proyecto.

2. Construcción de un circuito.

Realice la construcción del circuito de la Figura 21. Para insertar los componentes haga click en la opción Place Part  que se encuentra en la paleta de herramientas (Tool Palette). En la pantalla aparecerá el cuadro de dialogo place part. Primero incluya las librerías que contienen los diferentes elementos de circuito. Para esto oprima el botón “Add library”. Las librerías que debe incluir son:

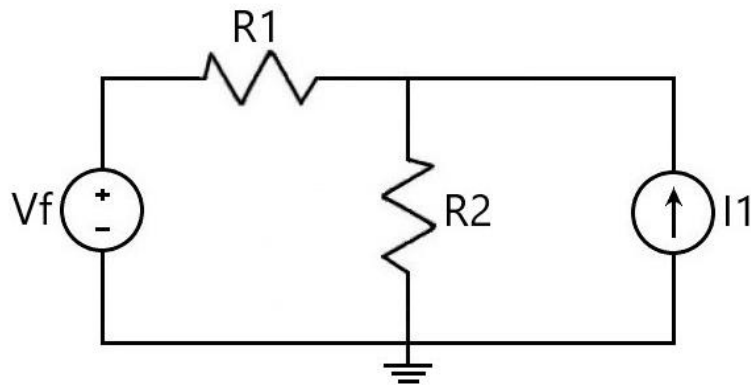
Analog.olb: Constituida por elementos pasivos como resistencias, bobinas, condensadores y fuentes dependientes.

Source.olb: Librería que encierra todas las fuentes de alimentación, tanto de corriente como de tensión disponibles: continua, alterna, sinusoidal, exponencial, etc.

Luego se debe especificar el nombre del elemento “*Part*”, que se desee insertar. En la parte inferior se escoge la librería en la cual se encuentra el elemento (se pueden seleccionar todas las librerías). En caso en que se desconozca la librería o el nombre del elemento (*Part*), se puede utilizar la opción “*Part Search*” la cual muestra en las librerías donde se encuentra el elemento de interés.



Figura 21.

Circuito 1. Práctica I.



Nota. Circuito 1 de la práctica 1 con 2 resistencias, una fuente de tensión continua y una fuente de corriente.

Seleccione como elemento la resistencia **R** de la librería Analog.olb, una vez se pulsa OK, el elemento aparece enganchado del puntero del ratón y se suelta pulsando el botón izquierdo. Si quiere girar el elemento, oprima la tecla **r** antes de soltarlo o haga clic derecho en el elemento y escoja la opción rotar.

- a. Inserte las resistencias R_1 y R_2 y oprima la tecla Esc para terminar.
- b. Ahora inserte la fuente de tensión continua “ V_{DC} ” y de corriente continua “ I_{DC} ” de la librería source.olb realizando el mismo procedimiento anterior.
- c. Introduzca la tierra mediante el botón **Place ground**  escogiendo la opción “GND”; debe dar doble clic sobre el elemento después de haberlo puesto en el esquemático, y cambiar el nombre GND por 0, después cierra la subventana para volver al esquemático.
- d. A continuación, conecte los elementos mediante el botón **Place wire** .
- e. Ajuste el valor y el nombre de cada componente haciendo doble click con el botón izquierdo sobre el atributo correspondiente, con lo cual aparece una ventana para escribir el valor o el nombre deseado. Fije los valores de los elementos de la siguiente forma:

- $V_f = 6 \text{ V}$.
- $R_1 = 100 \ \Omega$.
- $R_2 = 64 \ \Omega$.
- $I_1 = 0 \text{ A}$.

3. Análisis DC Sweep.

Este análisis permite hacer un barrido en torno a una serie de valores de una fuente de entrada independiente (de corriente o de tensión), de la temperatura, de un parámetro interno del modelo o de un parámetro global, calculando el punto de trabajo para cada uno de los valores que tome la variable en cuestión.

a. En la barra de herramientas, escoger “PSpice” y luego “New Simulation Profile”. Se abre la ventana “*Simulation Settings*”. Escoja el tipo de análisis: “*DC Sweep*” y escoja la opción “*Primary Sweep*”.

b. Seleccione la variable “*Current source*” y coloque el nombre de la fuente de corriente I_1 . Escoja como tipo de barrido lineal, valor inicial 0, valor final $50e-3$ y como incremento $0.01e-3$.

c. Ejecute la simulación (*Run*).

d. Visualice la tensión en la resistencia R_2 .

En otra gráfica, visualice la potencia consumida por la resistencia R_2 .

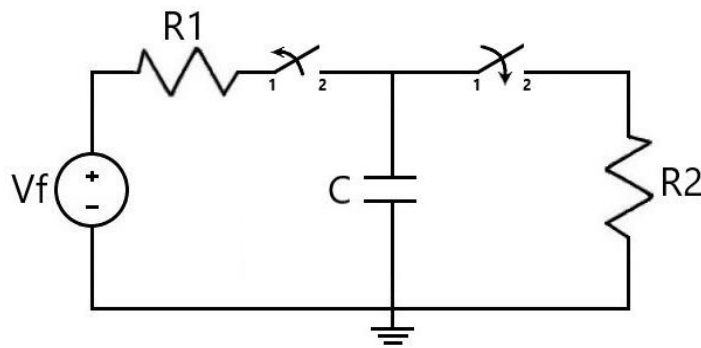
a. Introduzca una recta de referencia horizontal en 250 mW, tecleando 0.250 en la opción “*Add trace*” del menú trace.

b. Si el valor de la potencia nominal del resistor R2 es de 250 mW, encuentre a partir de qué valor de corriente de la fuente I1 la potencia consumida por el resistor R2 supera su valor nominal.

4. Carga y descarga de un capacitor

Figura 22.

Circuito 2. Práctica I.



Nota. Circuito 2 de la práctica 1 con 2 resistencias, una fuente de tensión continua, un capacitor y dos interruptores.

Realice la construcción del circuito de la Figura 22. Fije los valores de los elementos de la siguiente forma:

- $R1 = 1 \text{ k}\Omega$.
- $R2 = 1 \text{ k}\Omega$.
- $C = 1 \text{ mF}$.
- $f = 5 \text{ V}$.

Defina como condición inicial (“CI”) $V_{c(0)} = 0$.

Para incluir los interruptores adicione la librería EVAL. (sw_tclose y sw_topen).

El accionar de los interruptores tiene un intervalo de 5 segundos.

5. Simulación del circuito en el dominio del tiempo (Análisis Transitorio).

Se utiliza este tipo de análisis cada vez que se estudie el comportamiento del circuito en función del tiempo. Como ejemplo se simulará el circuito RC de la Figura 2.

a. Haga clic en el menú Pspice y escoja la opción “*New Simulation Profile*”. Colóquele un nombre a la simulación.


b. A continuación, aparece el cuadro de dialogo “*Simulation Settings*” el cual permite escoger el tipo de análisis deseado. Escoja el tipo de análisis “*Time domain*” y la opción “*general settings*”. Luego se deben especificar los siguientes valores:


- **Run to time:** Determina el intervalo de tiempo para la presentación de los resultados del análisis. En este caso coloque 10 s.


- **Start saving data after:** Tiempo inicial para la realización del análisis. Si no se especifica, el valor por defecto será 0. Deje el valor por defecto.

- **Maximum step size:** Intervalo de tiempo entre los cálculos del análisis. Si no se especifica el valor por defecto será (run to time) /50. Este tiempo variará internamente, siendo mayor en los puntos donde el análisis es más superficial y menor en el intervalo donde el análisis requiere mayor importancia. Deje el valor por defecto.

a. Oprima aceptar y luego en el menú Pspice, seleccione la opción Run. Se abre una ventana en la cual aparece la simulación del circuito.

b. Visualice la tensión en el Capacitor $V_{c(t)}$. Para poder observarla, haga clic en el botón “*Add trace*”  y seleccione las variables que quiere visualizar. Otra forma muy útil para observar las

variables de interés es colocar un marcador  en el nodo del circuito en el cual se quiera observar la variable. Automáticamente aparece la variable en la ventana de simulación.

c. Mediante el botón “*Toggle cursor*” , tome datos de los valores de la tensión en la carga y descarga del capacitor, cuando el tiempo es igual a la constante de tiempo del circuito RC.

d. Introduzca otra gráfica para visualizar el comportamiento de la corriente en el capacitor. Seleccione la opción “*Add Plot to Window*” en el menú *plot*.

e. Compare los resultados obtenidos en la simulación con los resultados teóricos.

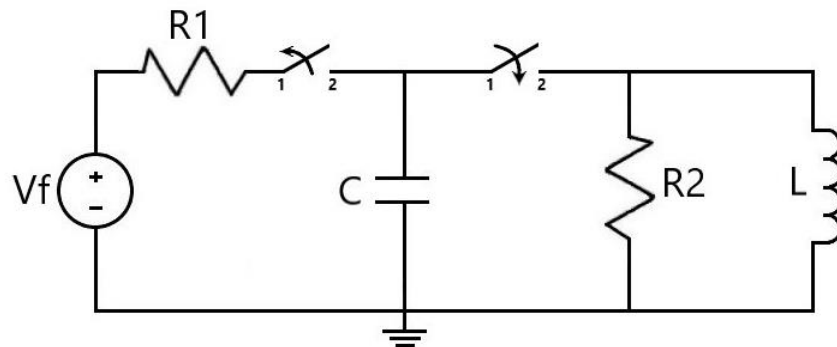
Para copiar la gráfica, haga clic en el menú **Window** y luego en la opción “*copy to clipboard*”. Recuerde que la gráfica ocupará el espacio de una columna en el informe y verifique que se puedan observar los datos dentro de la gráfica. Evite las gráficas con fondo oscuro, estas no permiten una buena visualización.

Para modificar los parámetros de los ejes, haga clic en el menú **Plot** y luego en la opción “*Axis settings*” y escoja las opciones que desee.

6. Circuito RLC.

Construya el circuito de la Figura 23. Es el mismo circuito de la Figura 22 con un inductor en paralelo a la resistencia R2. El accionar de los interruptores ocurre a los 5s.

Figura 23.

Circuito 3. Práctica I

Nota. Circuito 3 de la práctica 1 con 2 resistencias, una fuente de tensión continua, un capacitor, una bobina y dos interruptores.

Seleccione los valores de R_2 , L y C , de tal manera que pueda obtener los tres tipos de respuesta (amortiguada, sub-amortiguada y críticamente amortiguada) para un circuito RLC. Para obtener una visualización de las respuestas utilice el ícono de “zoom área”.

3.6.3 Práctica No II, instrumentos de medición

Objetivos

- Saber conectar de forma correcta el óhmetro, amperímetro, voltímetro, multímetro y el osciloscopio.
- Conocer los instrumentos de medida que se usan en el laboratorio y su correcta operación.
- Aprender a realizar mediciones en circuitos que tengan fuentes de tensión continua y alterna.
- Escoger la escala adecuada en un instrumento para una medición.

- Distinguir entre corriente continua y corriente alterna.
- Distinguir adecuadamente una fuente de alimentación DC y AC, fijándose en el simbolismo de su panel de conexión.
- Conocer las mediciones que se pueden hacer con un osciloscopio y saber realizarlas.

Introducción

Las Ingenierías Eléctrica y Electrónica son disciplinas que se interesan por describir los fenómenos de manera cualitativa y cuantitativa. Esto implica el manejo y uso de instrumentos especializados para medir las distintas magnitudes de interés. Algunas de las magnitudes de mayor uso son: la tensión eléctrica, la corriente eléctrica, la potencia, la resistencia eléctrica, continuidad, factor de potencia, etc. Para obtener estas magnitudes existe una gran variedad de tipos de instrumentos siendo los más destacados:

- Amperímetro
- Óhmetro
- Wattmetro
- Multímetro
- Cosenofímetro
- Osciloscopio

Asimismo, se emplean generadores de señales en corriente continua y en corriente alterna.

En esta práctica se trabajará el uso y empleo de los instrumentos que permiten una serie de mediciones de interés, además de los equipos necesarios.

Actividades previas

- Investigar y tener en cuenta las precauciones sobre el manejo de los equipos y las normas de seguridad que se deben seguir en un laboratorio de circuitos eléctricos.
- Desarrollar los circuitos que se trabajarán en la práctica, de acuerdo con los valores de las resistencias comerciales que se hayan seleccionado.
- Describa los siguientes términos con respecto al valor de una magnitud leída en un instrumento de medición: error, error absoluto, error relativo.
- Explique qué son errores subjetivos y errores objetivos. Indique al menos un ejemplo en cada caso.
- Explique qué es error a escala máxima.
- Explique qué es la incertidumbre y la tolerancia.
- ¿Qué nos indican los parámetros de exactitud y precisión de un instrumento de medición digital?
- ¿Por qué en la medición de tensión el multímetro debe conectarse en paralelo con el elemento de interés?
- ¿Por qué en la medición de corriente el multímetro debe conectarse en serie con el elemento de interés?
- ¿Es posible visualizar gráficas de corriente en un osciloscopio?

Equipos necesarios

- Multímetro

- Osciloscopio
- Generador de señales
- Fuente de tensión DC
- Resistencias
- Capacitores

Actividades De Laboratorio

a. Familiarizarse con el multímetro.

En esta actividad se debe identificar el multímetro averiguando cuáles son sus principales características técnicas y operativas. Para ello se solicita buscar en internet un multímetro digital, anexas la imagen al informe y responder las siguientes preguntas:

1. ¿Qué magnitudes permite medir el multímetro?
2. ¿Qué escalas cubre el instrumento? ¿Cómo es posible seleccionarlas?
3. ¿Qué indicaciones entrega la pantalla?
4. ¿Cómo se identifican los bornes de conexión para la medición de las diferentes magnitudes que admite el instrumento?
5. ¿Qué precauciones se deben considerar para el uso del multímetro a la hora de efectuar las mediciones? Destaque la medición de tensión y corriente.

b. Realizar mediciones de resistencia.

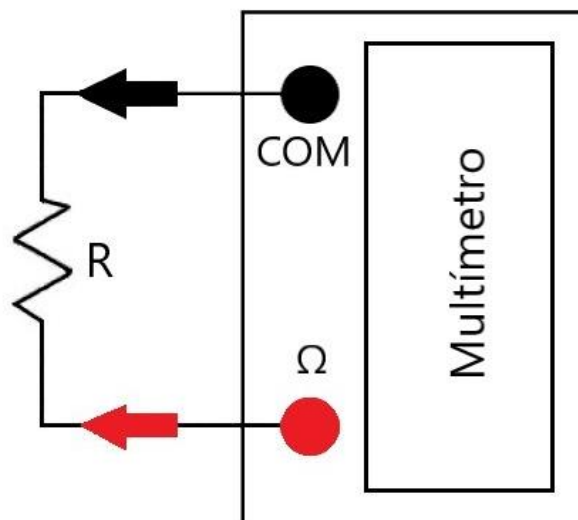
En esta actividad se deben contrastar los valores nominales de arreglos de resistencias con los valores reales o medidos. Para ello se tendrán en cuenta las siguientes indicaciones:

- Las medidas de resistencia se realizan sin fuente de alimentación. Circuito o elemento desenergizado.

- Para que el multímetro funcione como **óhmetro**, ubicar la perilla en la escala adecuada y las puntas deben conectarse en los orificios correctos (COM y Ω); ver Figura 24.

Figura 24.

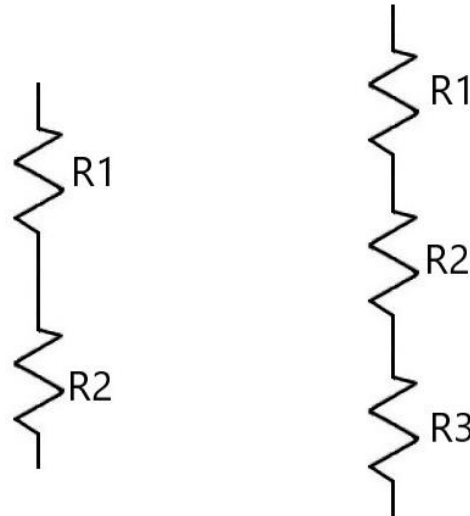
Circuito 1. Práctica II.



Nota. Circuito 1 de la práctica 2 con 1 resistencia y un multímetro para la medición del valor de la resistencia.

Figura 25.

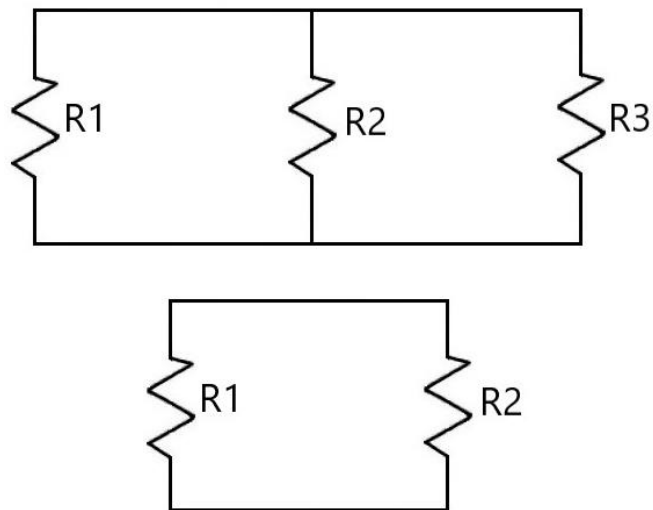
Circuito 2. Práctica II.



Nota. Circuito 2 de la práctica 2 para medición del valor la resistencia equivalente del arreglo de 2 y 3 resistencias en serie.

Figura 26.

Circuito 3. Práctica II.



Nota. Circuito 3 de la práctica 2 para medición del valor la resistencia equivalente del arreglo de 2 y 3 resistencias en paralelo.

1. Medir las resistencias de distintos valores óhmicos, para ello seleccione el circuito de la Figura 24. Expresar el valor utilizando la unidad de medida correspondiente y el prefijo adecuado, según el SI. ¿Averigüe qué sucede si se ponen en contacto los dedos con las puntas de medición mientras se realiza la medida? ¿Si hay algún cambio, a qué se debe?

2. Medir la resistencia equivalente de 2 y 3 resistencias conectadas en serie, para ello seleccione el circuito de la Figura 25 y mida con el multímetro el arreglo de resistencias. Obtener conclusiones de lo que sucede y comparar con un análisis teórico.

3. Medir la resistencia equivalente de 2 y 3 resistencias conectadas en Paralelo, para ello seleccione el circuito de la Figura 26 y mida con el multímetro el arreglo de resistencias. Obtener conclusiones de lo que sucede y comparar con un análisis teórico. Compare el resultado obtenido con el de la conexión de resistencias en serie.

4. ¿Consultar si las medidas de las resistencias cambian si se invierte la ubicación de las puntas del multímetro?

c. Realizar mediciones de tensión y de corriente en corriente continua.

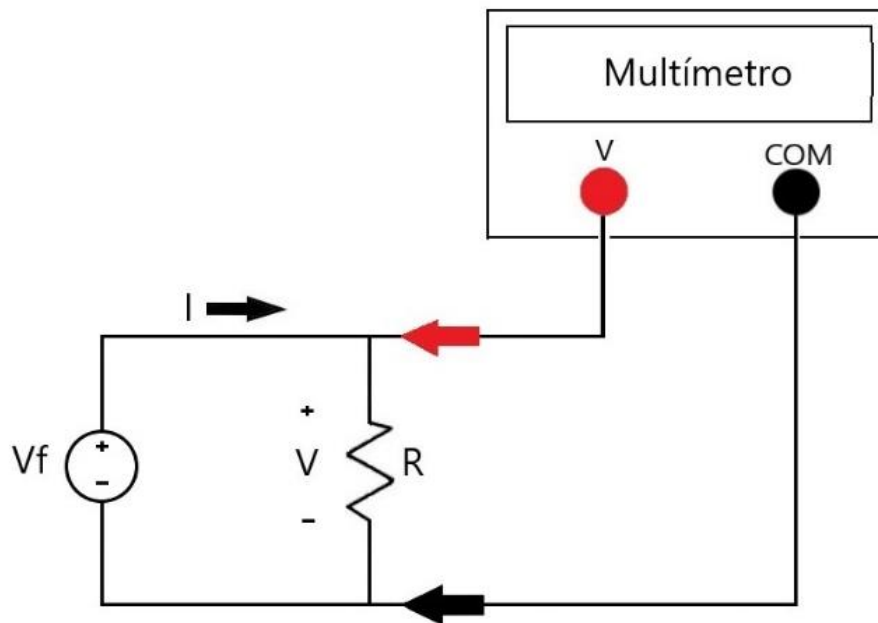
La medición de tensión se realiza de manera similar a la de la resistencia, respetando las convenciones de los signos, ubicando la perilla y las puntas del multímetro en la posición adecuada. Tener en cuenta que para medir corriente y tensión es necesario conocer previamente el rango de valores que se van a medir. Los instrumentos se dañan si se conectan para medir valores que están por encima del rango de la escala seleccionada. Además, los errores son mayores si el valor a medir es muy pequeño comparado con el valor máximo de la escala seleccionada. ¿Puede verificar esta última afirmación? Ojo, nunca se debe utilizar el multímetro seleccionando la opción de medir corriente para medir tensión, o viceversa. Esto dañaría el

instrumento. Las Figuras 28 y 29 muestran cómo conectar el multímetro para medir tensión y corriente, respectivamente.

d. Medición de tensión

Figura 27.

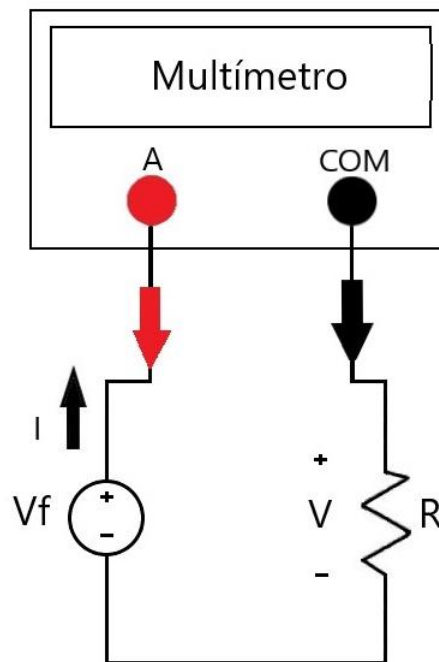
Circuito 4. Práctica II.



Nota. Circuito 4 de la práctica 2 para medición del valor la tensión en la resistencia para una entrada de señal de tensión continua.

e. Medición de corriente

Figura 28.

Circuito 5. Práctica II.

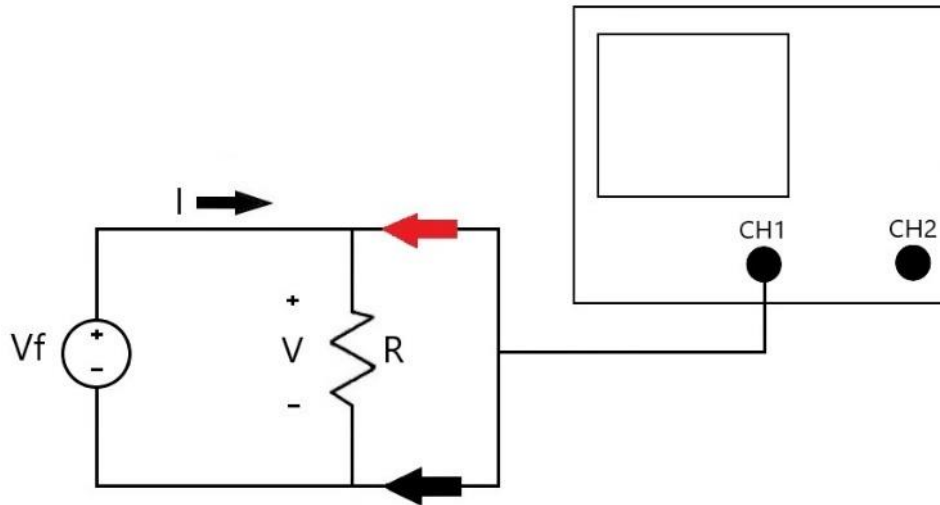
Nota. Circuito 5 de la práctica 2 para medición del valor la corriente circulante a traves del circuito.

Seleccionar el circuito indicado en la Figura 27. Variar la tensión aplicada a la resistencia y obtener experimentalmente la curva V-I de la resistencia (tomar al menos 10 valores).

f. Medición de tensión (osciloscopio).

Observe el circuito de la Figura 29, es el mismo circuito de la Figura 27 pero realizando la medición de tensión con el osciloscopio. Tomar la medida del valor medio a escala adecuada. Calcular el error en comparación con la tensión hallada de forma teórica.

Figura 29.

Circuito 6. Práctica II.

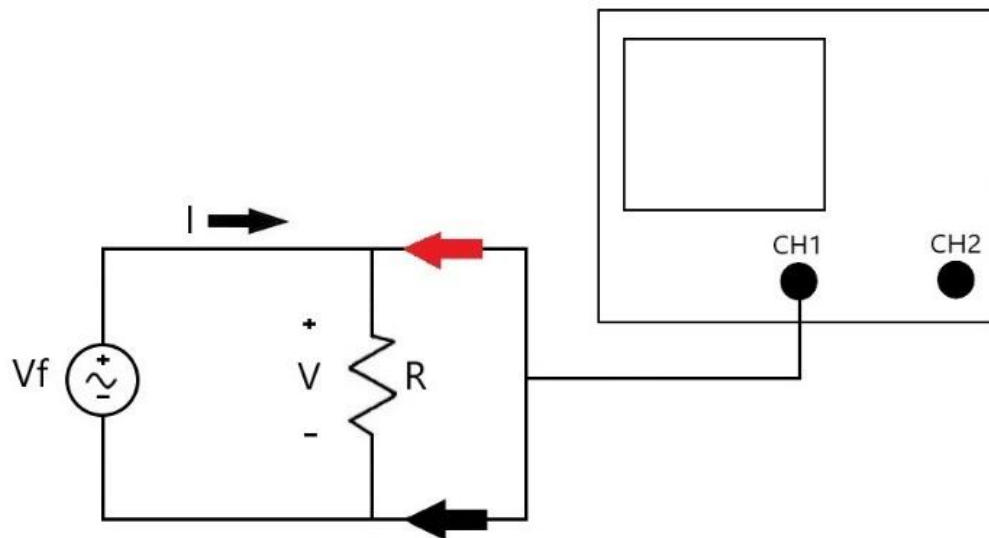
Nota. Circuito 6 de la práctica 2 para medición del valor de la tensión en la resistencia y visualización de la onda de tensión en corriente directa.

Resolver las siguientes inquietudes:

- Cuál de las medidas corresponde a la tensión de la resistencia V_R . ¿Qué rango o escala debe seleccionar? Justifique.
- Si el valor de tensión que se quiere medir excede el rango máximo del instrumento. ¿Qué debe hacer? Justifique.

g. Realizar mediciones de tensión alterna

Figura 30.

Circuito 7. Práctica II.

Nota. Circuito 7 de la práctica 2 para medición del valor de la tensión en la resistencia y visualización de la onda de tensión en corriente alterna.

1. Seleccione el circuito de la Figura 30 y grafique cada una de las señales que puede entregar el generador de señales.
2. En el generador de señales, seleccione como salida una señal sinusoidal (ajuste como desee la magnitud y la frecuencia).
3. Mida con el multímetro los valores de tensión V_{ac} , V_{dc} de los elementos del circuito.
4. Ahora con ayuda del osciloscopio tome los diferentes registros: tensión pico a pico (V_{pp}), tensión pico (V_p) y tensión RMS (V_{RMS}). Mida el período de la señal. Para la medición seleccione la escala adecuada.

Resolver las siguientes inquietudes:

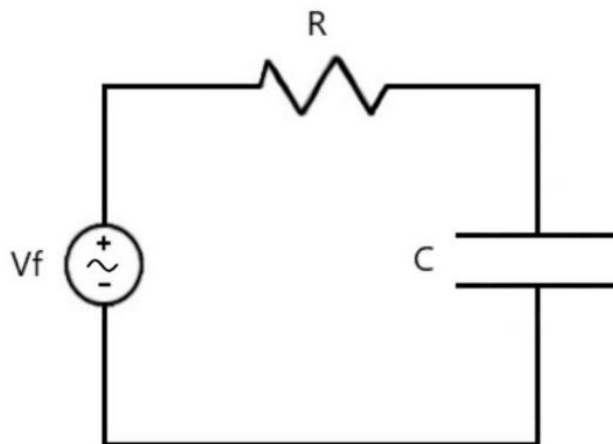
- ¿Cuál de las medidas con el osciloscopio corresponde al V_{ac} del multímetro? (V_{RMS} , V_{pp} , V_p , V_{max} , V_{medio}).

- ¿Cuál es el valor de corriente y tensión (potencia) máxima que puede suministrar el generador de señales a la carga R . Justifique.

5. Seleccione el circuito de la Figura 31. Con el osciloscopio mida la tensión en cada elemento (V_f , V_R , V_C). Compare la magnitud y la fase entre la tensión de la fuente (V_f) y la corriente del circuito. ¿Cumplen con la relación esperada? Calcule el porcentaje de error relativo. ¿Cuáles pueden ser las razones válidas de las diferencias encontradas?

Figura 31.

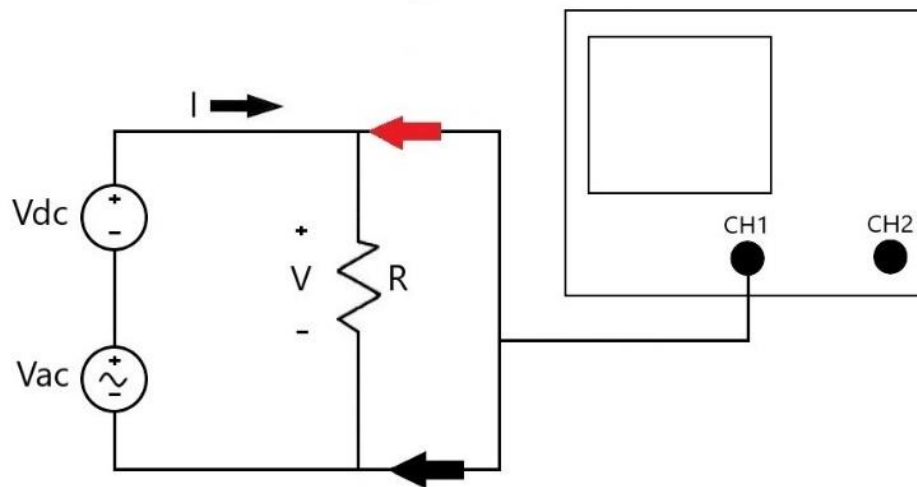
Circuito 8. Práctica II.



Nota. Circuito 8 de la práctica 2 para medición del valor de tensión en la resistencia y la capacitancia visualización de la ondas de tensión en corriente alterna.

a. Realizar mediciones de tensión en corriente alterna y corriente continua

Figura 32.

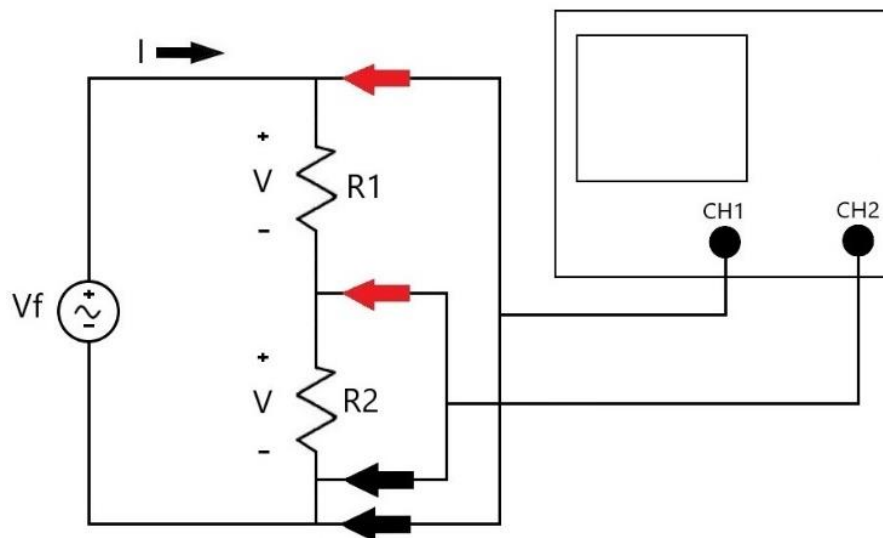
Circuito 9. Práctica II.

Nota. Circuito 9 de la práctica 2 para medición del valor de la tensión en la resistencia y visualización de la onda ante fuentes de tensión en corriente directa y en corriente alterna.

Seleccionar el circuito de la Figura 32. Mida los valores de tensión. Presionar el canal 1 y registrar los valores de tensión V_{medio} y V_{pp} de la señal.

b. Realizar medición de tensiones diferenciales

Figura 33.

Circuito 10. Práctica II.

Nota. Circuito 10 de la práctica 2 para medición del valor de tensión en las resistencias y visualización de las ondas de tensión en las resistencias ante un fuente de corriente alterna.

Seleccionar el circuito de la Figura 33 y mida los valores de tensión VR1 Y VR2.

Resolver las siguientes inquietudes:

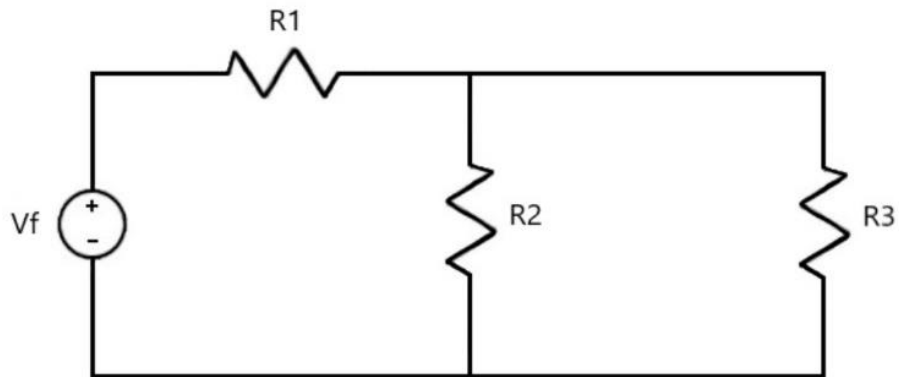
- ¿Se pueden colocar en nodos diferentes las referencias (común caimán negro punta osciloscopio) de los canales 1 y 2? Justifique.

- ¿Cuándo podría medir tensiones con referencias (común caimán negro punta osciloscopio) diferentes al generador? Justifique.

c. **Teorema de Tellegen.** Seleccionar el circuito de la Figura 34. Mida los valores de tensión y corriente en cada uno de los elementos. Con los valores experimentales con los valores teóricos, calcule la potencia total del circuito y compruebe el teorema de Tellegen.

Figura 34.

Circuito 11. Práctica II.



Nota. Circuito 11 de la práctica 2 para medición del valor de las tensiones en las diferentes resistencias ante una fuente de corriente directa.

Resolver las siguientes inquietudes:

- Cuando va a medir una tensión desconocida. ¿Qué rango o escala debe seleccionar primero? Justifique.

- Si el valor de tensión que se quiere medir excede el rango máximo del instrumento. ¿Qué debe hacer? Justifique.

3.6.4 Práctica No III, Circuitos Eléctricos Básicos.

Objetivos

- Comprobar experimentalmente las leyes básicas de los circuitos eléctricos.
- Demostrar en forma práctica las técnicas de análisis de circuitos eléctricos.

Introducción

Un circuito eléctrico es una serie de elementos tales como resistencias, inductancias, condensadores, fuentes, etc., conectados entre sí por medio de conductores con el propósito de generar, transportar o modificar señales eléctricas.

Las leyes de Ohm y de Kirchhoff son las principales herramientas para la comprensión de los fenómenos físicos asociados a la corriente eléctrica y su comportamiento dentro de un circuito eléctrico. Llevar a la práctica los conceptos básicos adquiridos en clase, permiten una mejor aprehensión de la teoría que soporta las Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones.

Asociar las técnicas de análisis de un circuito eléctrico con las mediciones realizadas en un montaje o esquema, permiten demostrar las similitudes y diferencias entre los resultados obtenidos analítica y experimentalmente.

Actividades Previas

- Investigar qué es la incertidumbre y ¿Cómo hacer operaciones matemáticas con mediciones que tienen incertidumbre?

- Simular en OrCAD los circuitos de las Figuras 35, 37, 39 y 41.

- Determinar teóricamente la tensión, la corriente y el equivalente de Thévenin del circuito de la Figura 39.

Determinar teóricamente las corrientes de cada elemento de los circuitos de las Figuras 35, 37 y 41.

Equipos Necesarios

- Multímetro

- Osciloscopio

- Generador de señales

- Fuente de tensión DC

- Resistencias

- Capacitores

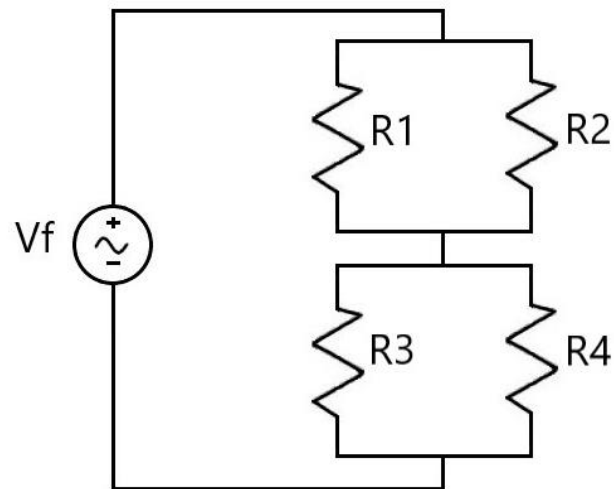
Actividades De Laboratorio

1. Medición de resistencia en serie y paralelo.

Observe las Figuras 35 y 37, dé valores a las resistencias y a las fuentes de tensión de tal manera que al hallar la resistencia equivalente como lo indica la Figura 36 y 38 sea un valor comercial.

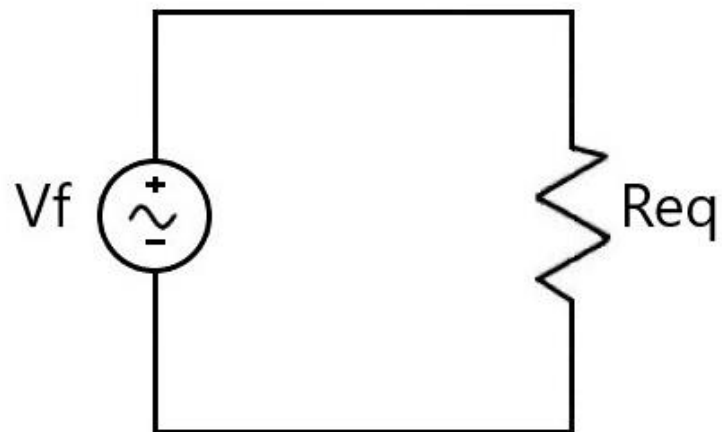
- a. Obtenga la potencia consumida por los elementos pasivos de la Figura 35.
- b. Seleccione el circuito de la Figura 36 utilizando la resistencia equivalente del circuito de la Figura 1. Mida la tensión y la corriente. Compare estos resultados con los obtenidos en el numeral anterior.
- c. Analice el circuito de la Figura 37 y realice la toma de datos de tensión y de corriente de los elementos pasivos.
- d. Seleccione el circuito de la Figura 38 utilizando la resistencia equivalente del circuito de la Figura 37. Mida las tensiones y corrientes. Compare estos resultados con los obtenidos en el numeral anterior.

Figura 35.

Circuito 1. Práctica III.

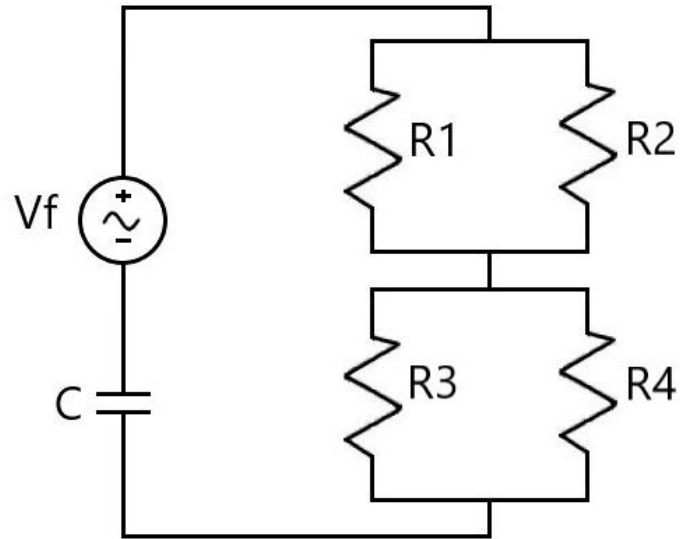
Nota. Circuito 1 de la práctica 3 medición de tensión en las resistencias para comprobación de circuitos equivalentes.

Figura 36.

Circuito 2. Práctica III.

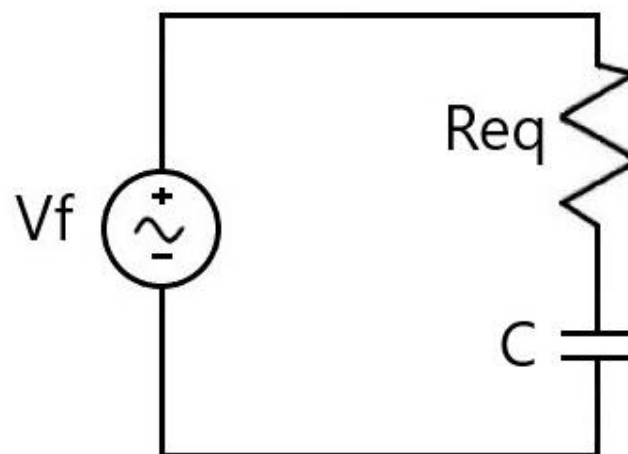
Nota. Circuito 2 de la práctica 3 medición de tensión en la resistencia equivalente del circuito 1 de la práctica 3.

Figura 37.

Circuito 3. Práctica III.

Nota. Circuito 3 de la práctica 3 medición de tensión en las resistencias y en el capacitor para comprobación de circuitos equivalentes.

Figura 38.

Circuito 4. Práctica III.

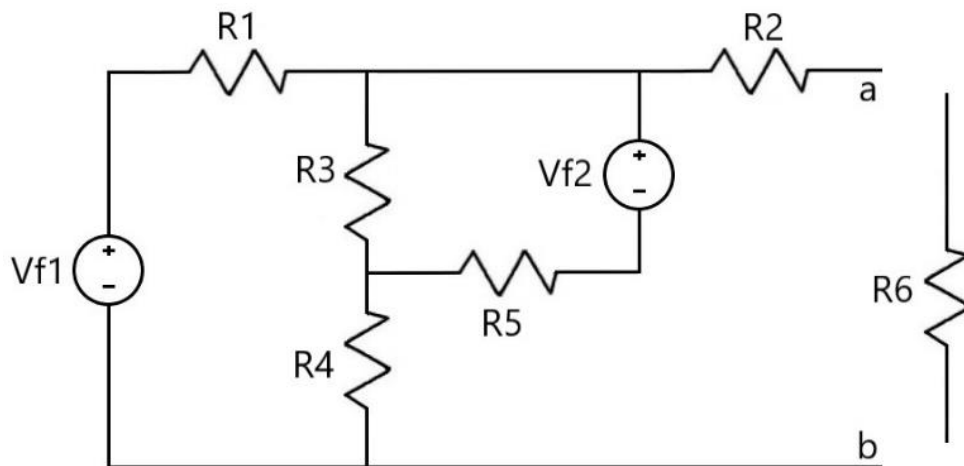
Nota. Circuito 4 de la práctica 3 medición de tensión en la resistencia equivalente del circuito 3 de la práctica 3.

d. Teorema de Thévenin

Considere el circuito de la Figura 39, al cual se le ha desconectado la resistencia de carga R6.

Figura 39.

Circuito 5. Práctica III.

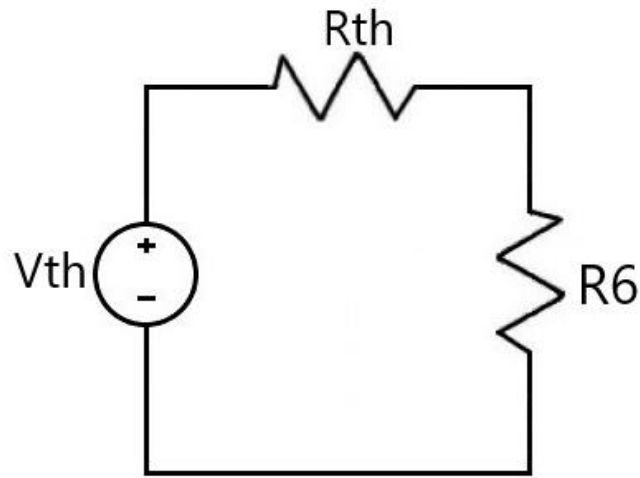


Nota. Circuito 5 de la práctica 3 medición de parámetros en la resistencia de carga 6 (R6).

- Halle la tensión, la corriente y la potencia en la resistencia de carga R6.
- Encuentre analíticamente el equivalente de Thévenin del circuito anterior, entre las terminales de la resistencia de carga R6. Dicho equivalente se observa en la Figura 6.
- Seleccione el circuito de la Figura 40 y utilizando los valores de resistencia de Thévenin y tensión de Thévenin mida la tensión, la corriente y la potencia en la resistencia de carga con el equivalente de Thévenin. ¿Existen diferencias entre el circuito original y su equivalente? Si existen, ¿A qué se deben estas diferencias?

Figura 40.

Circuito 6. Práctica III.



Nota. Circuito 6 de la práctica 3 comprobación de parametros en la resistencia de carga R_6 ante el equivalente de thévenin.

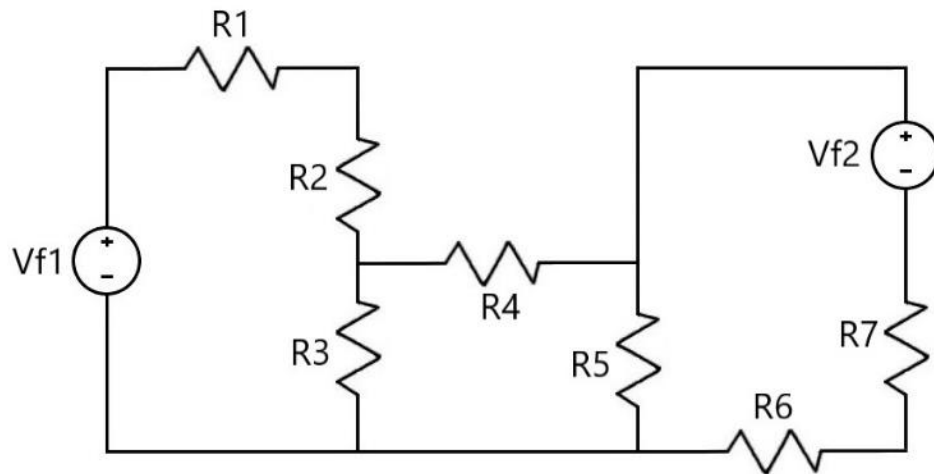
1. Teorema de Superposición

En el circuito de la Figura 41 se verificará el teorema de superposición, el cual contiene dos fuentes independientes de tensión de corriente continua.

Nota: Tenga en cuenta que los valores de las resistencias deben ser valores comerciales.

Figura 41.

Circuito 7. Práctica III.



Nota. Circuito 7 de la práctica 3 medición de tensión en dos elementos pasivos del circuito con 2 fuentes de tensión de corriente continua y comprobar el teorema de la superposición.

- Escoja dos elementos pasivos del circuito de la Figura 41 y mídale la tensión y la corriente.
- Realice nuevamente las mediciones de tensión y de corriente en los elementos seleccionados previamente cuando la fuente de tensión Vf1 es anulada. Repita el procedimiento, pero dejando activa la fuente de tensión Vf1 y anulando la fuente de tensión Vf2.
- Compare los resultados obtenidos en el circuito de la Figura 41 y sus dos modificaciones con el análisis teórico. ¿Se pudo verificar el teorema de superposición? ¿Por qué?

3.6.5 Práctica No IV, Análisis Transitorio De Circuitos Eléctricos

Objetivos

- Analizar la condición inicial y final en un circuito RC.
- Realizar mediciones de la constante de tiempo de un circuito RC.
- Comprobar experimentalmente la tensión transitoria en circuitos RC.
- Obtener los diferentes tipos de respuesta en un circuito RLC.
- Determinar el tiempo de establecimiento para los diferentes tipos de respuesta en un circuito RLC.

Introducción

Existen numerosos fenómenos en los que el valor de la magnitud física que los caracteriza (la respuesta de interés) evoluciona de un estado estable a otro a través de un régimen transitorio. La respuesta aumenta, o disminuye, siguiendo un comportamiento en el tiempo que depende de la facilidad con la que la energía se transforma y/o se transfiere de un elemento a otro. En sistemas de primer orden, el término transitorio tiene la forma exponencial $ae^{-t/\tau}$, donde τ tiene dimensiones de tiempo y se denomina constante de tiempo.

En sistemas bien diseñados, el transitorio decae con el tiempo y se puede considerar que desaparece después de 5τ ; mientras que τ , corresponde al tiempo que tardaría en desaparecer el transitorio si continúa disminuyendo a la misma rata con la que empezó a decrecer; es decir, si el transitorio se comporta como una línea recta que tiene la misma pendiente que la recta tangente a

la curva de respuesta en el instante inicial. El conocimiento de esto permite determinar de forma aproximada la constante de tiempo a partir de la imagen de respuesta que se obtiene en un osciloscopio.

Otra interpretación de τ se da al evaluar la respuesta en el instante de tiempo $t = \tau$. Se ve que, en una constante de tiempo la respuesta disminuye hasta alcanzar el 36.8% de su valor inicial, si el valor final es inferior a la inicial; o aumenta hasta alcanzar el 63.2% del valor final, si éste es superior a la inicial. El valor de τ también se puede determinar en forma gráfica a partir de lo anunciado.

El proceso de carga y descarga de un capacitor, la desintegración de un elemento radioactivo y la amortiguación de una onda son fenómenos típicamente transitorios. En esta práctica se trabajarán ejemplos de carga y descarga de un capacitor; así como se analizará el comportamiento de un circuito RLC, como ejemplo de un sistema de segundo orden. En estos sistemas no se habla de constante de tiempo, sino de frecuencias. Sin embargo, para determinar el tiempo en el que se puede suponer que la respuesta transitoria ha desaparecido, se utiliza el concepto de tiempo de establecimiento.

Actividades Previas

- Analizar y obtener las expresiones matemáticas para la tensión y la corriente del capacitor en cada uno de los circuitos de la práctica.
- Realizar la simulación en OrCAD, obteniendo la tensión y la corriente en el capacitor para cada circuito de la práctica. Obtener las constantes de tiempo y los tiempos de establecimiento en los casos correspondientes.

Equipos Necesarios

- Multímetro
- Osciloscopio
- Generador de funciones
- Fuente de tensión DC
- Interruptor
- Resistencias
- Inductores
- Capacitores

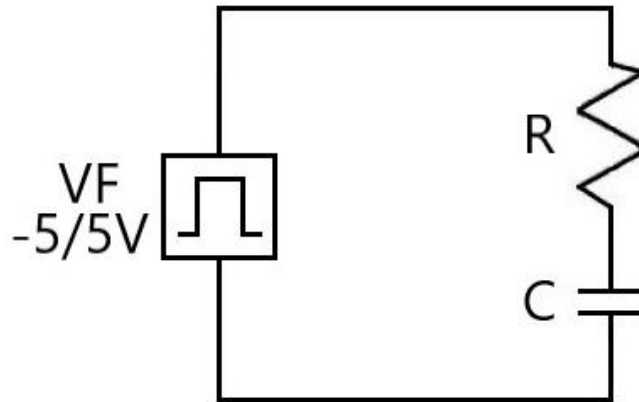
Actividades De Laboratorio

1. Circuito RC

Seleccione el circuito de la Figura 42.

Figura 42.

Circuito 1. Práctica IV.



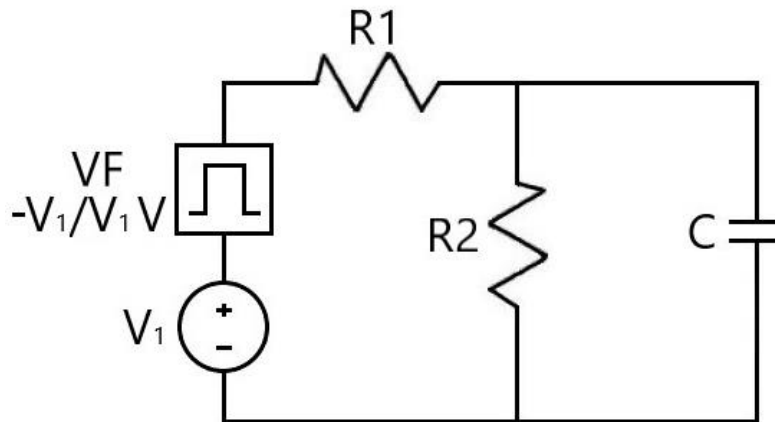
Nota: Circuito 1 de la práctica 3, carga y descarga de un capacitor. La duración del pulso alto es igual al tiempo bajo o el ciclo útil es del 50%. $R=1000\ \Omega$, $C= 2.5\ \mu\text{ F}$, $V_f=5\ \text{V}$.

- Determinar la frecuencia de la fuente de tal manera que el condensador se cargue con un valor de tensión igual al de la fuente.
- Por medio del osciloscopio medir la tensión en el condensador y determinar la constante de tiempo.
- Medir indirectamente con el osciloscopio la corriente del circuito y determinar la constante de tiempo.
- Contrastar con los valores obtenidos analíticamente.

Seleccione el circuito de la Figura 43.

Figura 43.

Circuito 2. Práctica IV.



Nota. Circuito 2 de la práctica 4 carga y descarga de un capacitor ante una fuente de tensión cuadrada y una fuente de tensión continua. $R1=1000\ \Omega$, $R2=12000\ \Omega$, $C=2.5\ \mu\text{F}$, y $V1=2.5\ \text{V}$.

- a. Determinar la frecuencia del generador de señales, de tal manera que el condensador se cargue con un valor de tensión igual a la sumatoria de las amplitudes de las fuentes de tensión (V_F+V_1).
- b. Por medio del osciloscopio medir la tensión en el condensador y determinar la constante de tiempo.
- c. Medir indirectamente la corriente del circuito y determinar la constante de tiempo.
- d. Contrastar con los valores obtenidos analíticamente.

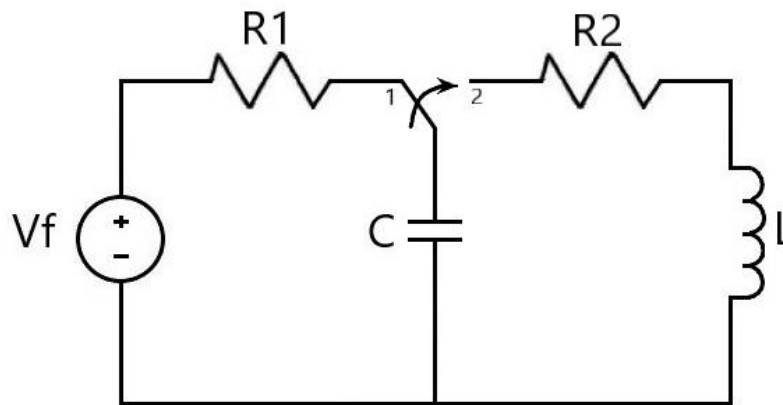
1. Circuito RLC

En esta parte se propone analizar la carga y descarga de un condensador, pero el sistema será alimentado por una fuente de tensión constante.

Seleccione el circuito de la Figura 44.

Figura 44.

Circuito 3. Práctica IV.



Nota. Circuito 3 de la práctica 4 carga y descarga de un capacitor y una bobina ante una fuente de tensión continua .

$R1=1000 \Omega$, $R2=16 \Omega$, $C= 2.5\mu F$, $L=10m H$ y $Vf=5 V$.

- a. Energizar el circuito para que inicie la carga del condensador (Interruptor en posición 1).
- b. Por medio del osciloscopio medir la tensión en el condensador. Analice el proceso de carga del condensador.
- c. Con el osciloscopio medir indirectamente la corriente de carga del condensador.
- d. Realizar el procedimiento requerido para obtener la descarga del condensador. (Oprimir el interruptor para que pase a la posición 2).
- e. Por medio del osciloscopio medir la tensión en el condensador, determinar el tiempo de establecimiento y de descarga.
- f. Con el osciloscopio medir indirectamente la corriente del circuito y determinar el tiempo de establecimiento.
- g. Contrastar con los valores obtenidos analíticamente.

2. Análisis e interpretación de datos

a. Para los circuitos de carga y descarga del capacitor, comparar las constantes de tiempo obtenidas con su valor teórico. ¿Qué razones puede argumentar para la explicación de la diferencia encontrada?

b. ¿Cuál es el tiempo en el cual el capacitor adquiere completamente su carga o adquiere un nivel de cero volts? ¿Qué cambios implementaría en los circuitos para aumentar o disminuir los tiempos de carga y descarga del capacitor?

c. Especifique el tiempo de establecimiento para cada una de las respuestas del circuito de segundo orden. Compare con los resultados obtenidos teóricamente.

d. ¿Es posible obtener en la práctica una respuesta críticamente amortiguada? ¿Qué criterio aplicó para obtener la respuesta críticamente amortiguada presentada en este informe?

3.6.6 Práctica No V, Circuitos Eléctricos Trifásicos- Medición De Tensión

Objetivos

- Identificar los circuitos trifásicos con carga balanceada y desbalanceada en configuración delta y estrella.

- Determinar experimentalmente las relaciones entre las tensiones de línea y tensiones de fase.

- Determinar experimentalmente las relaciones entre las corrientes de línea y las corrientes entre líneas.

- Simular circuitos trifásicos utilizando OrCAD.

Introducción

Un sistema trifásico es un sistema de producción, distribución y consumo de energía eléctrica formado por tres tensiones en corriente alterna monofásicas de igual frecuencia y amplitud, que presentan una diferencia de fase entre ellas de 120° y están dadas en un orden determinado.

Se dice que el sistema es equilibrado cuando las tensiones tienen magnitudes iguales y están desfasadas simétricamente. Cuando una de las tensiones es de amplitud diferente o distintos desfases de 120° entre sí, se dice que el sistema se encuentra desequilibrado o desbalanceado.

La carga esta desequilibrada cuando el conjunto de impedancias son distintas y dan lugar a que circulen corrientes de amplitudes diferentes y desfases diferentes a 120° entre sí, aunque las tensiones monofásicas o de línea sean equilibradas o balanceadas.

Las ventajas de usar este tipo de sistema son las siguientes:

- Alimentar cargas de potencia constante.
- Las corrientes en los conductores son menores que las que se presentan en un sistema monofásico.
- Economía en las líneas de transporte de energía.
- Para una misma potencia, las máquinas eléctricas trifásicas son de menor tamaño que las máquinas eléctricas monofásicas.
- En un sistema trifásico es posible conectar cargas monofásicas y trifásicas simultáneamente.

Actividades Previas

- Analizar y obtener las expresiones matemáticas para las tensiones de línea y tensiones de fase en cada uno de los circuitos de la práctica.
- Analizar y obtener las expresiones matemáticas para las corrientes de línea y las corrientes entre líneas en cada uno de los circuitos de la práctica.
- Realizar la simulación en OrCAD y obtener las tensiones de línea y las tensiones de fase, las corrientes de línea y las corrientes entre líneas en cada uno de los circuitos de la práctica.
- ¿Qué es y a que se refieren con secuencia positiva y secuencia negativa en los sistemas trifásicos?
- ¿Cuál secuencia es la más utilizada en los sistemas trifásicos?

Equipos Necesarios

- Multímetro
- Osciloscopio
- Banco de resistencias trifásico – monofásico
- Fuente de tensión AC
- Resistencias

Actividades De Laboratorio

1. Caracterización del generador

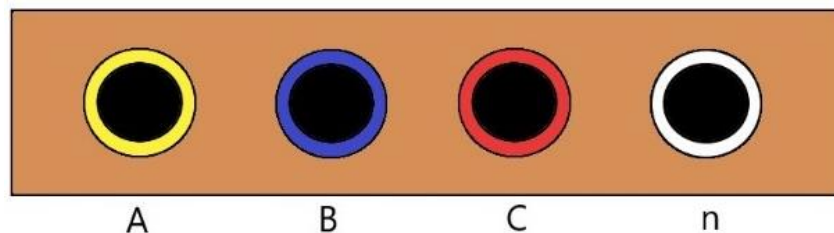
a. Seleccione la Figura 45 e identifique cada uno de los terminales del generador (a, b, c y n).

Medir con el osciloscopio la tensión de salida para cada una de las fases y las tensiones de línea (V_{ab} , V_{bc} , V_{ca}).

b. Con ayuda del osciloscopio, compare las tensiones de fase y defina la secuencia del generador.

Figura 45.

Circuito 1. Práctica V. Banco de tensión trifásico



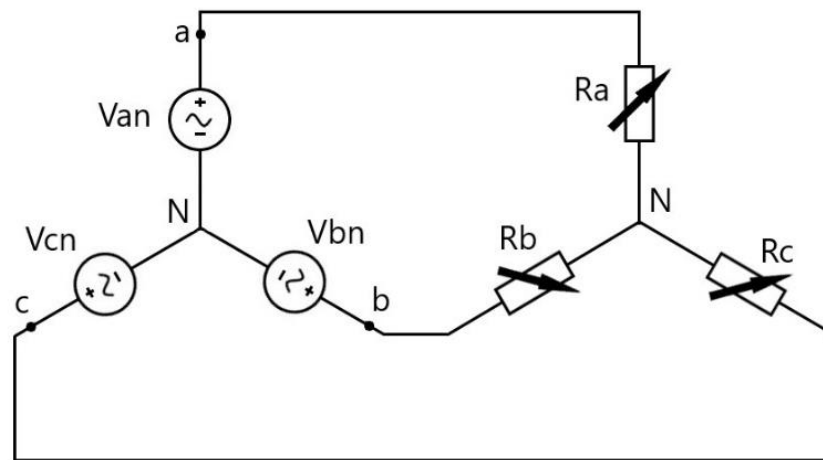
Nota. Circuito 1 de la práctica 5 fuente de tensión trifásica en secuencia positiva.

2. Medición de tensión y corriente

Seleccione el circuito mostrado en la Figura 46.

Figura 46.

Circuito 2. Práctica V. Circuito en conexión Y-Y



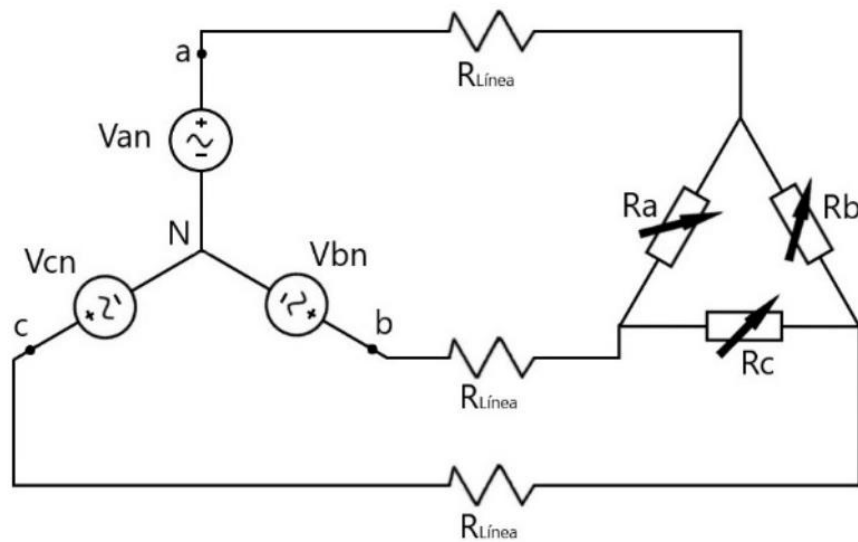
Nota. Circuito 2 de la práctica 5 medición de tensión y corriente ante un circuito en conexión Y-Y.

- a. Abrir la App del banco de resistencias. Para carga resistiva balanceada, poner todas las perillas en la posición 1, medir con el multímetro la tensión de línea V_{AB} y la tensión de fase V_{an} . ¿Qué relación encuentra entre estas tensiones?
- b. Para carga balanceada con las perillas en la posición 1, medir con el multímetro la corriente en las líneas y la corriente en el neutro.
- c. Repetir el procedimiento a y b moviendo todas las perillas en el banco de resistencias a la posición 7.
- d. Cuando todas las cargas (resistivas) se encuentren en la posición 1, variar solamente la carga de la fase a (R_a) desde la posición 1 hasta la posición 7 ¿Qué diferencias encuentra en la medición de tensiones comparando los resultados obtenidos para carga balanceada y para carga desbalanceada?
- e. Con las cargas disponibles, ¿Qué configuración ofrece la menor magnitud de corriente por la línea del neutro? Compruébelo experimentalmente.

Seleccione el circuito mostrado en la Figura 47.

Figura 47.

Circuito 3. Práctica V. Circuito en conexión Y- Δ



Nota. Circuito 3 de la práctica 5 medición de tensión y corriente ante un circuito en conexión Y- Δ . $R_{línea} = 3900\Omega$.

a. Con el osciloscopio medir la corriente de fase en la carga (a través de la tensión en la resistencia de carga R_a) y la corriente en la línea (a través de la tensión en las resistencias de línea de cada fase) ¿Qué relación encuentra entre la corriente de línea y la corriente de fase?

La carga es una robusta estructura, especial para circuitos trifásicos. A continuación, se muestran las especificaciones del banco de resistencias trifásico para una tensión 127/220 V por medio de la tabla 1.

Tabla 1.

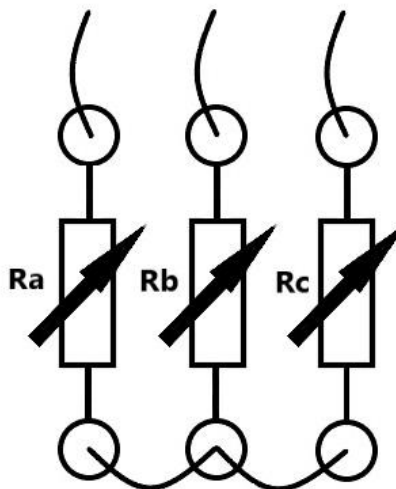
Carga Mono - Trifásica Resistiva

<i>Carga Mono - Trifásica Resistiva</i>		
Posición	Resistencia	Potencia Disipable por fase
1	840 Ω	58 W
2	600 Ω	80 W
3	350 Ω	138 W
4	240 Ω	200 W
5	150 Ω	330 W
6	120 Ω	410 W
7	97 Ω	500 W

Nota. Fuente: De Lorenzo 1017R Resistive load.

Potencia máxima disipable en conexión monofásica o trifásica 1500 W.

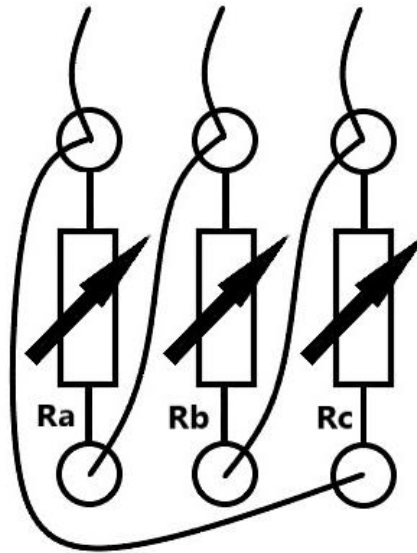
Figura 48.

Circuito 4. Práctica V. Banco de impedancias en conexión Y

Nota. Circuito 4 de la Práctica 5 banco de resistencias trifásico en conexión Y.

Figura 49.

Circuito 5. Práctica V. Banco de impedancias en conexión Δ



Nota. Circuito 5 de la Práctica 5 banco de resistencias trifásico en conexión Δ .

3.6.7 Práctica No VI, Circuitos Eléctricos Trifásicos – Medición De Potencia

Objetivos

- Identificar las conexiones de circuitos trifásicos para la medición de potencia.
- Corregir experimentalmente el factor de potencia de una carga monofásica.

Introducción

En circuitos de corriente alterna, la tensión y la corriente en una resistencia siempre van a estar en fase debido a que este elemento es pasivo y la energía eléctrica en este se convierte en calor; por otra parte, los condensadores y los inductores almacenan energía y producen un ángulo

de 90° entre la corriente y la tensión, por ende, tienen períodos en los que se comportan como elementos activos y otros como elementos pasivos, lo que significa que estos elementos devuelven energía hacia los generadores.

En un circuito de corriente alterna se consideran tres tipos de potencia, las cuales son:

- Potencia aparente (S): Corresponde a la potencia total que envía la fuente de alimentación al circuito de carga. Esta se mide en VA (Volt-Amper).

- Potencia activa (P): Corresponde a la potencia que realmente utiliza el circuito. Esta se mide en W (Watts). Donde ϕ es el ángulo de fase entre la tensión y la corriente. Al $\cos(\phi)$ se le conoce como el factor de potencia.

- Potencia reactiva (Q): Corresponde a la potencia que devuelve el circuito a la fuente de alimentación por efecto de la presencia de elementos almacenadores de energía como lo son los capacitores y/o inductores en el circuito. Esta se mide en VAR (Volt-Amper-Reactivos).

$$Q = V_{RMS} * I_{RMS} * \sin(\phi) \text{ VAR}$$

Actividades Previas

- Investigar sobre los métodos y como se realiza la conexión para la medición de potencia trifásica.

- ¿Qué instrumentos se pueden usar para la medición de potencia y como es su conexión?

- Realizar esquemas de conexión.

- Realizar los cálculos de corriente de línea y de fase, tensión de línea y de fase, potencia activa, potencia reactiva, potencia aparente y factor de potencia para cada uno de los circuitos de la práctica. Estos se pueden presentar en una tabla de datos.

Equipos Necesarios

- Multímetro
- Banco de resistencias trifásico – monofásico
- Banco de inductores trifásico – monofásico
- Banco de capacitores trifásico – monofásico
- Fuente de tensión AC
- Wattmetros
- Cosenofímetro
- Resistencias
- Interruptor

Actividades De Laboratorio

Medición de potencia en AC

a. Seleccione el circuito de la Figura 50, el cual tiene una carga trifásica en conexión Y. Para obtener una carga balanceada abra la App del banco de resistencias, seleccione la conexión en estrella y gire todas las perillas a la posición 1. Con los Wattmetros seleccione el método de los 3 vatímetros y luego seleccione el método de Aarón para la medición de potencia trifásica consumida por los elementos. Mida la potencia seleccionando los 3 tipos de medición Aarón y compare. Adicionalmente, compare el método de los 3 vatímetros con el método de Aarón.

Repita la medición girando todas las perillas a la posición 7 y luego para carga desbalanceada.

Repita el procedimiento para la carga en conexión Δ seleccionando el circuito de la Figura 51.

Para cada caso compruebe:

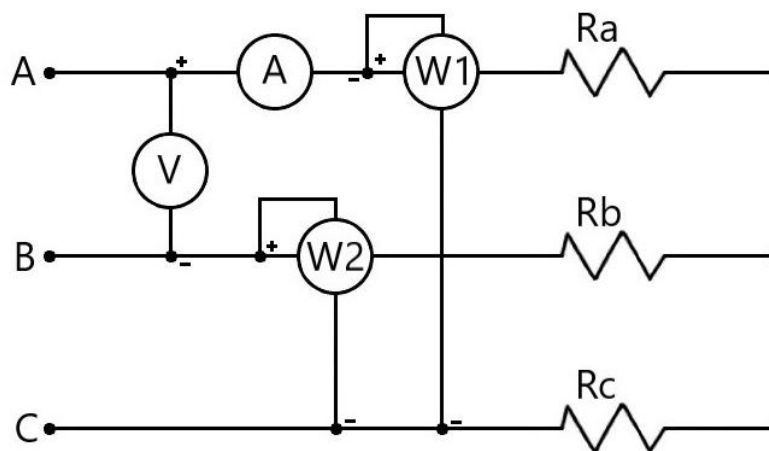
El valor de la corriente de línea.

- El valor de la tensión de línea.
- El valor de la potencia trifásica.

Nota: La conexión de los instrumentos y la medición de potencia de la conexión Aarón que se muestra en los circuitos de las Figuras 50, 51, 52, y 53 y la medición de potencia del circuito de la Figura 54 son ejemplos.

Figura 50.

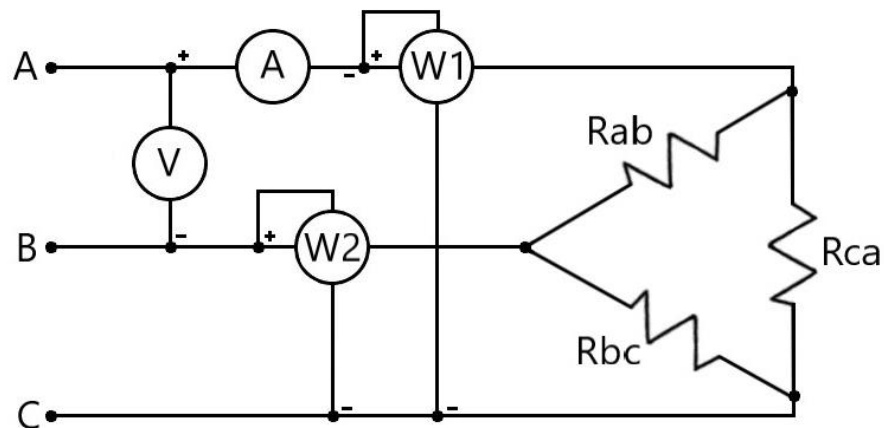
Circuito 1. Práctica VI.



Nota. Circuito 1 de la Práctica 6 medición de potencia por el método de conexión Aarón en un circuito Y-Y.

Figura 51.

Circuito 2. Práctica VI.



Nota. Circuito 2 de la Práctica 6 medición de potencia por el método de conexión Aáron en un circuito Y- Δ .

Con relación a la conexión Y y la conexión Δ en la carga, ¿Cuál configuración realiza un mayor consumo de potencia?

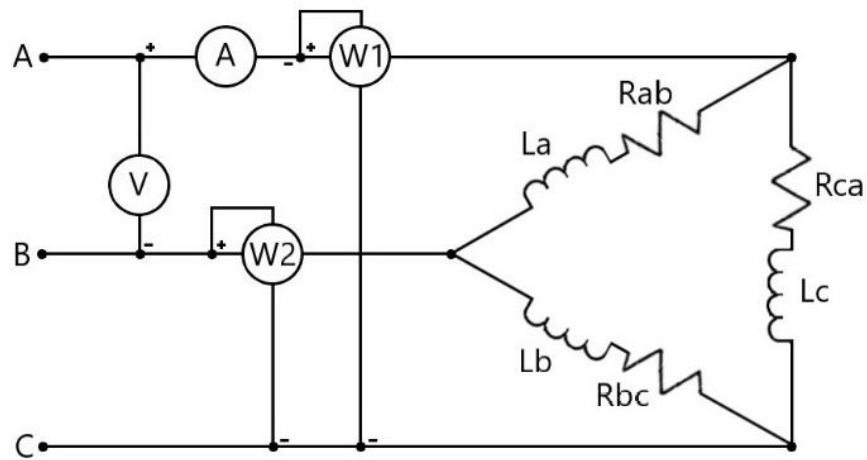
a. Ahora, a la conexión en Δ de la Figura 51, se realiza la conexión de una inductancia en serie a cada carga como se muestra en la Figura 52. Seleccione el circuito de la Figura 52 y realice la medición de potencia.

Ahora a la carga de la Figura 51 se realiza la conexión de un capacitor en paralelo como se observa en la Figura 53. Seleccione el circuito de la Figura 53 y realice la medición de potencia.

A partir de la lectura de los wattmetros, ¿Cómo se puede identificar si la carga es de tipo inductivo o de tipo capacitivo?

Figura 52.

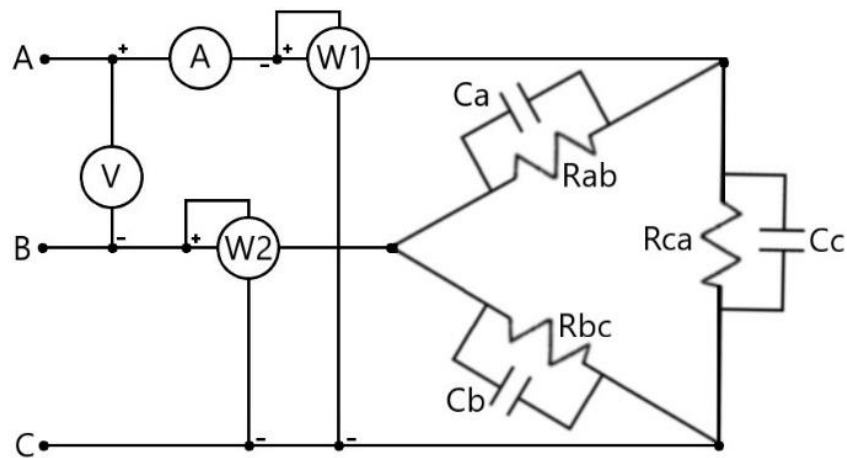
Circuito 3. Práctica VI



Nota. Circuito 3 de la Práctica 6 medición de potencia por el método de conexión Aáron en un circuito Y-Y.

Figura 53.

Circuito 4. Práctica VI

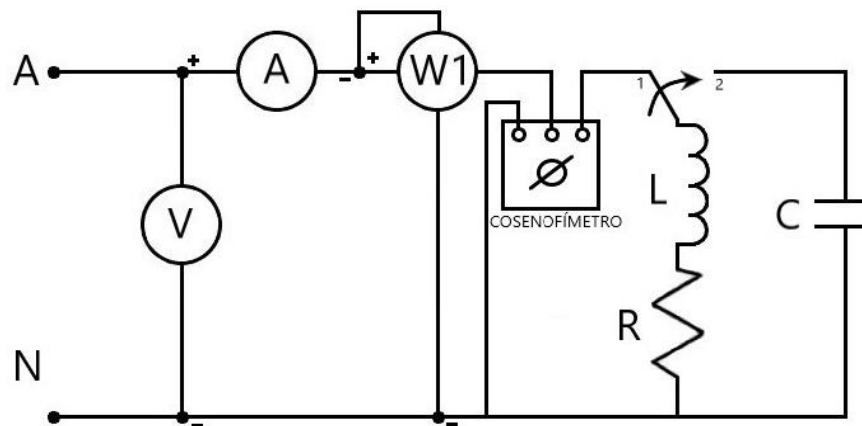


Nota. Circuito 4 de la Práctica 6 medición de potencia por el método de conexión Aáron en un circuito Y- Δ para una carga R C.

Corrección del Factor de Potencia

Figura 54.

Circuito 5. Práctica VI



Nota. Circuito 5 de la Práctica 6 medición de potencia y el factor de potencia ante una compensación capacitiva de reactivos.

Seleccione el circuito monofásico de la Figura 54 y con el interruptor en la posición 1 (abierto), ubique los valores de la carga para obtener un factor de potencia menor a 0.9 en atraso. Realice la medición de la corriente de línea, la tensión de fase, la potencia activa y el factor de potencia. Determine el valor de la potencia reactiva.

Oprima el interruptor para pasarlo a la posición 2 (cerrado) y ajuste el valor de la carga capacitiva para obtener un factor de potencia:

- a. Mayor a 0.9 en atraso.
- b. Mayor a 0.9 en adelanto.
- c. factor de potencia igual a 1.

Para todos los casos compare el consumo de la potencia activa y de la corriente en la línea. ¿Se podría corregir el factor de potencia sólo con variar la carga resistiva? ¿Esto es recomendable?

Los bancos de carga son una robusta estructura, especial para circuitos trifásicos. A continuación, se muestran las especificaciones para cada uno de los tres tipos de carga para una tensión 127/220 V en las tablas 1, 2 y 3.

Tabla 2.

Carga Mono - Trifásica Capacitiva

<i>Carga Mono - Trifásica Capacitiva</i>		
Posición	Capacidad	Potencia por fase
1	2,5 μF	46 VAR
2	5 μF	91 VAR
3	8 μF	146 VAR
4	12,5 μF	228 VAR
5	15 μF	275 VAR
6	20 μF	364 VAR
7	28 μF	510 VAR

Nota. Fuente: De Lorenzo 1017C Capacitive.

Potencia reactiva máxima en conexión monofásica o trifásica 1500 VAR.

Tabla 3.

Carga Mono - Trifásica Inductiva

<i>Carga Mono - Trifásica Inductiva</i>		
Posición	Inductancia	Potencia por fase
1	1,56 H	83,5 VAR
2	0,76 H	167 VAR
3	0,51 H	250 VAR
4	0,38 H	333 VAR
5	0,30 H	420 VAR
6	0,255 H	500 VAR

Nota. Fuente: De Lorenzo 1017L Inductive.

Potencia reactiva máxima en conexión monofásica o trifásica 1500 VAR.

3.6.8 Práctica No VII, Respuesta En Frecuencia - Simulación

Objetivos

- Analizar la respuesta en frecuencia de un circuito RLC.
- Analizar algunas configuraciones de circuitos eléctricos para el filtrado de señales.

Introducción

Es posible caracterizar un circuito eléctrico observando su respuesta a señales sinusoidales de frecuencias requieren diferentes. Tal caracterización de la operación de un circuito se conoce

como respuesta en frecuencia. El concepto de respuesta en frecuencia es de suma importancia en todos los campos de la ciencia y de la ingeniería, pues constituye la base para comprender los factores que determinan la estabilidad de un sistema específico. Sin embargo, estos conceptos también se ven en muchas otras aplicaciones de las ingenierías eléctrica y electrónica, por ejemplo, para el diseño de circuitos de filtrado. El radio, el televisor, el celular y el computador son ejemplos de la gran cantidad de equipos electrónicos que en la actualidad hacen uso de circuitos selectores de frecuencia o filtros.

Las características de funcionamiento de las diferentes combinaciones de componentes eléctricos (resistencias, condensadores e inductores) varían en función de la frecuencia de la señal eléctrica que se haga circular por ellos. Se pueden conseguir combinaciones de componentes que sólo dejan pasar las frecuencias altas, las frecuencias bajas o un intervalo de frecuencias en torno a una frecuencia central.

En esta práctica se va a estudiar el comportamiento en el dominio de la frecuencia (análisis AC) un circuito RLC usando la herramienta de simulación OrCAD (PSpice).

Actividades Previas

Diseñe un circuito con filtro que cumpla los siguientes criterios:

- a. Los valores de los componentes deben ser comerciales.
- b. El circuito debe bloquear “efectivamente” las frecuencias mayores a 20 kHz.

Diseñar y simular un filtro pasabanda LC en paralelo que tenga una frecuencia central de 455 kHz.

Investigar sobre filtros RL y RC.

Equipos Necesarios

- Tener instalado el software OrCAD (PSpice).

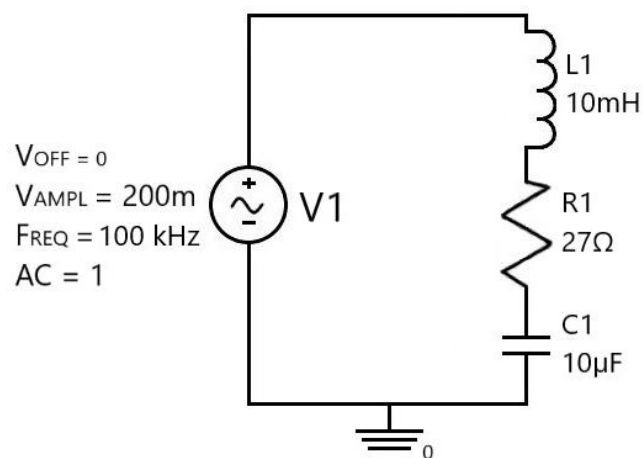
Actividades De Laboratorio

1. RESONANCIA

1.1 Construcción del circuito

Figura 55.

Circuito 1. Práctica VII



Nota. Circuito 1 de la Práctica 7 análisis del circuito de respuesta en frecuencia al variar la frecuencia.

Realice la construcción el circuito de la Figura 55. Seleccione la fuente VSIN y ajuste los

valores mostrados en la Figura 55. Recuerde poner el nombre 0 (cero) en el elemento tierra.

1. Análisis AC Sweep

Este tipo de análisis permite hallar la respuesta en frecuencia de circuitos. El resultado es una representación en función de la frecuencia, para ello se necesita definir lo que se denomina un perfil de simulación.

Para crear un perfil:

- a. *PSpice* → *New Simulation Profile* → ponerle el nombre que se desee.
- b. Aparece la ventana *Simulation Settings* donde se puede modificar los parámetros de la simulación. Aunque PSpice tiene muchos parámetros de simulación, para casos sencillos sólo es necesario tener en cuenta unos pocos de los que aparecen en la pestaña *Analysis*. En esta práctica se definirá el análisis AC.
 - c. PSpice → Edit Simulation Profile → Analysis.
 - d. Configurar los siguientes valores:
 1. *Analysis type*: AC Sweep / Noise.
 2. *AC Sweep type*: Logarithmic. Decade.
 3. *Start Frequency*: **10**.
 4. *End Frequency*: **1 meg** (m indica mili y meg indica Mega en PSpice).
 5. *Points/Decade*: **50**.

c. Una vez definido el tipo de análisis, hay que simular el circuito y aparece la ventana de ondas que permite visualizar los resultados gráficamente.

d. SCHEMATIC → *Trace* → *Add Trace*:

1. Graficar la corriente del circuito: *Plot* → *Add plot to window*. Con esto aparecen dos planos cartesianos y en el origen del plano superior aparece la palabra **SEL>>** lo que indica que en él se graficará la nueva variable.

2. La tensión de cada elemento (R, L, C).

SCHEMATIC → *Trace* → *Cursor* → *Display* y con sus funciones visualice el valor de la corriente en la frecuencia de resonancia.

1. Análisis en el dominio del tiempo

a. Con el mismo circuito, añadir un nuevo componente al circuito con: *Place* → *Part* → **PARAM**.

b. En las opciones del nuevo componente (se abre con doble clic) agregar una nueva columna con título “**f**” y valor 500.

c. Cambiar el valor de la frecuencia de la fuente por {**f**}, como la Figura 56.

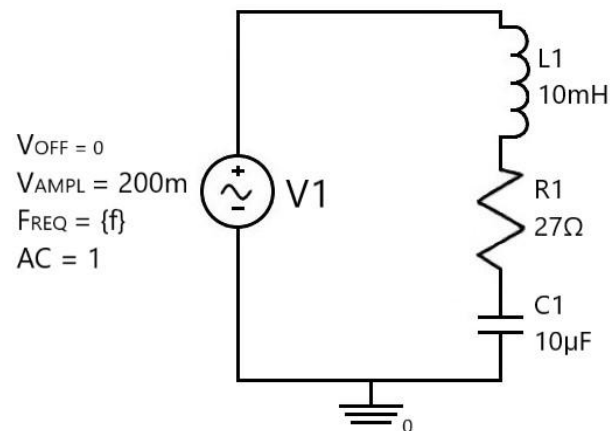
d. PSpice → Edit Simulation Profile → Analysis

Configurar los siguientes valores:

1. Analysis type: Time Domain (Transient).

2. Habilitar la opción Parametric sweep.
3. Seleccionar Global parameter.
4. Parameter name: f.
5. Seleccionar Value list y escribir los valores deseados, ejemplo: 50 200 500 800 1500.
6. En General settings, configure Run to time con el tiempo necesario para dos ciclos de la mínima frecuencia del punto anterior.
7. Ejecutar la simulación.

Figura 56.

Circuito 2. Práctica VII

Nota. Circuito 2 de la Práctica 7 colocando el parametro Freq como un parametro variante automático.

PARAMETERS: $f = 1.5 \text{ kHz}$.

1. Comprobar el diseño

Realice el mismo procedimiento en el circuito anterior hallando la frecuencia de resonancia en la simulación.

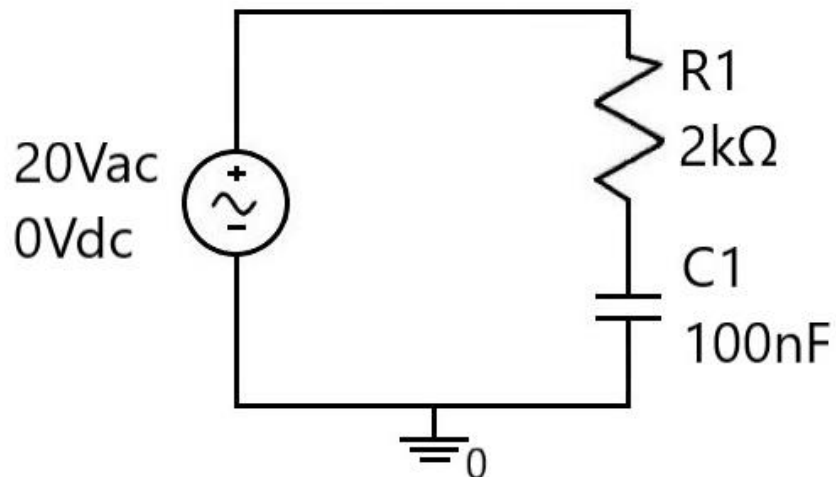
FILTROS

1. Construcción del circuito

Construya el circuito de la Figura 57, con los elementos que permitan bloquear las señales con frecuencias superiores a 20 kHz (ver actividades previas).

Figura 57.

Circuito 3. Práctica VII



Nota. Circuito 3 de la Práctica 7 filtros para un circuito R-C.

Utilice la fuente VAC y ajuste los valores como se indican en la Figura 3.

1. Análisis en el dominio de la frecuencia

a. Cree el perfil de simulación y configure el *análisis AC Sweep / Noise* como lo hizo en el punto 2 de la parte I de la práctica.

b. Una vez definido el tipo de análisis, en la ventana Capture (donde está dibujado el circuito esquemático) ir a *PSpice* → *Markers* → *Voltage Level*, y colocar la punta de prueba en el terminal superior del capacitor C2.

c. Acceder al menú *PSpice* → *Run* para visualizar la gráfica de tensión en función de la frecuencia de la fuente V1.

d. Visualizar la corriente del circuito junto a la gráfica de tensión en C2.

e. Mostrar en la gráfica el punto en donde la tensión máxima ha disminuido al 70.7% llamado frecuencia de corte (f_c).

a. Realizar los mismos análisis para los circuitos que se muestran en la Figura 58 (medir corriente del circuito y tensión de R3) y 59.

Los valores de los elementos de la Figura 59 son los siguientes:

- R1 = 3.3k Ω .

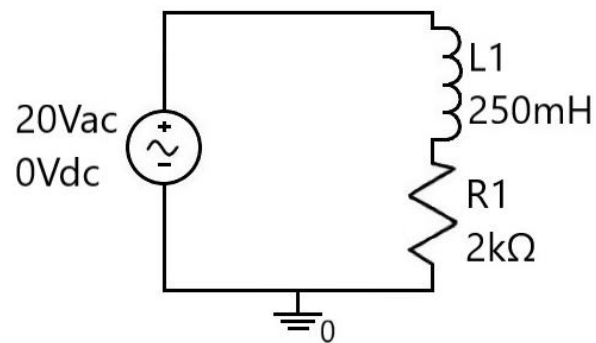
- R2 = 100k Ω .

- R3 = 6.6k Ω .

- $R4 = 6.6k\Omega$.
- $C1 = 0.1\mu F$.
- $C2 = 0.1\mu F$.
- $C3 = 0.2\mu F$.

Figura 58.

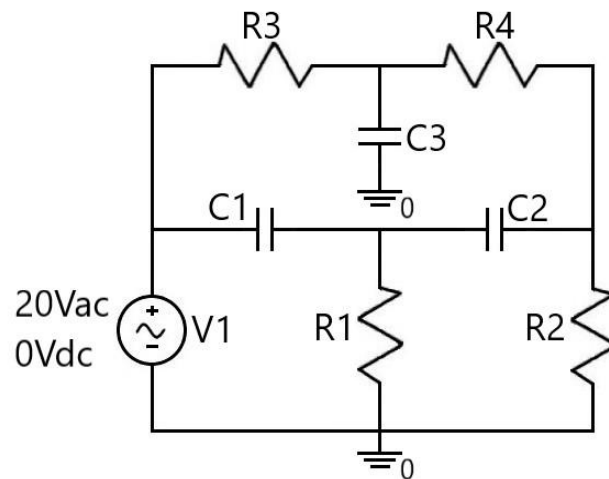
Circuito 4. Práctica VII



Nota. Circuito 4 de la Práctica 7 filtros para un circuito R-L.

Figura 59.

Circuito 5. Práctica VII



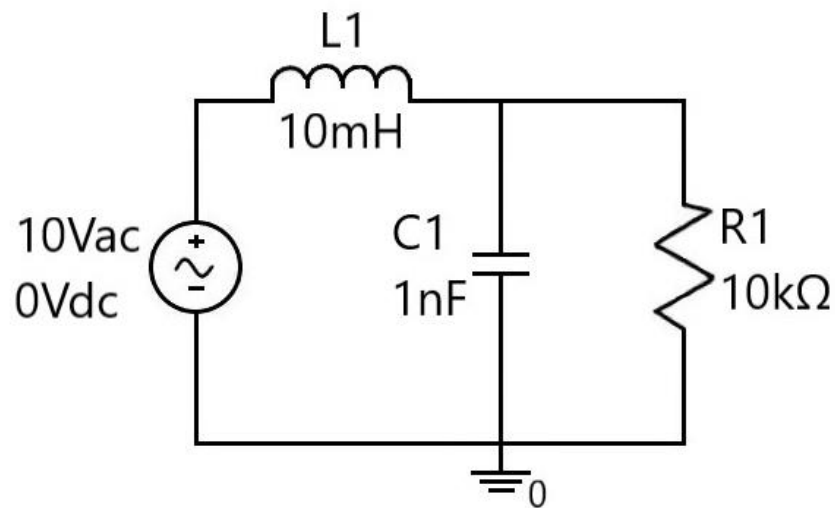
Nota. Circuito 5 de la Práctica 7 filtro para un circuito R-C realizando el mismo procedimiento de la figura 58.

DIAGRAMAS DE BODE

Construcción del circuito

Figura 60.

Circuito 6. Práctica VII



Nota. Circuito 6 de la Práctica 7 construcción del digrama de Bode.

1. Construcción del diagrama de Bode

Ir al menú *PSpice* → *Markers* → *Advanced* → *Phase of voltage* y colocar la punta de prueba en el terminal superior del condensador C9.

Correr la simulación.

En la ventana de gráficas ingresar al menú Plot → Add plot to window, después minimizar la ventana de figuras.

Regresar a la ventana Capture (donde está el circuito esquemático), ingresar al menú *PSpice* → *Markers* → *Advanced* → *dB magnitude of voltage* y colocar la punta de prueba en la punta del terminal superior del condensador C9. Luego de esto, favor restaurar la ventana de gráfica en la cual se observan las dos gráficas (OJO NO VOLVER A CORRER LA SIMULACIÓN).

En la gráfica superior (dB magnitude of voltage) cuadrar el eje Y. Dar doble clic en el eje Y y seleccionar la opción User defined de -20 a 20 dB.

Análisis

Utilizando los resultados de la simulación, explicar el funcionamiento cualitativo de cada uno de los circuitos.

A partir del diagrama de Bode (tensión y fase) calcular la frecuencia en la cual se encuentran los polos del sistema de la Figura 60.

Explicar el criterio de Barkhausen y la importancia de los diagramas de Bode para calcular la estabilidad en los circuitos.

3.6.9 Práctica No VIII, Respuesta En Frecuencia De Filtros Pasivos

Objetivos

Analizar las características de filtrado de señales mediante circuitos RC y RL.

Introducción

Una caracterización importante de un circuito eléctrico es en términos de su respuesta a señales sinusoidales de entrada de diferentes frecuencias. Tal caracterización de la operación de un circuito se conoce como respuesta en frecuencia. Estos conceptos se requieren en muchas aplicaciones de ingeniería, por ejemplo, para el diseño de circuitos de filtrado que son muy utilizados en los amplificadores de audio, en los sistemas de comunicación e instrumentación, entre otros.

En los sistemas de comunicaciones se emplean filtros para dejar pasar solo las frecuencias que contengan la información deseada y eliminar las restantes. Los filtros son usados para dejar pasar solamente las frecuencias que puedan resultar útiles y eliminar cualquier tipo de interferencia o ruido ajeno a ellas.

Existen dos tipos de filtros:

1. Filtros Pasivos: Son aquellos tipos de filtros formados por combinaciones serie o paralelo de elementos R, L o C.

2. Filtros Activos: Son aquellos que emplean dispositivos activos, por ejemplo, transistores o amplificadores operacionales, junto con elementos R L C.

En general se tienen los filtros de los siguientes tipos:

- Pasa altas
- Pasa bajas
- Pasa bandas

Actividades Previas

- Consultar el uso del papel semilogarítmico para el trazado de diagramas de Bode.
- Desarrolle teóricamente los circuitos de la práctica.

Nota: Para el análisis de los resultados deben tener en cuenta las simulaciones de la práctica anterior.

Equipos Necesarios

- Multímetro
- Osciloscopio
- Fuente de tensión DC
- Generador de señales

- Resistencias
- Capacitores
- Inductores
- Dos hojas de papel semilogarítmico

Actividades De Laboratorio

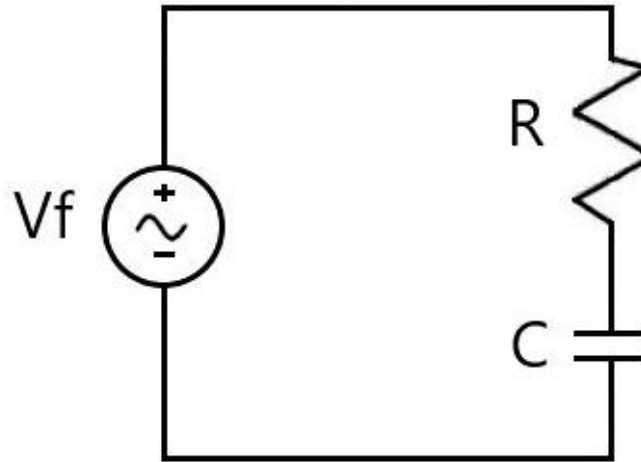
FILTROS

1. Construcción del circuito

Seleccione el circuito de la Figura 61 y conecte los elementos que permitan bloquear las señales con frecuencia superiores a 20 kHz (ver la práctica VII). Utilice como fuente el generador de señales con una amplitud pico de entre 1 y 7 V, los demás valores los puede ajustar de acuerdo con la Figura 1. $R = 2\text{k}\Omega$ y $C = 100\text{nF}$.

Figura 61.

Circuito 1. Práctica VIII



Nota. Circuito 1 de la Práctica 8 variando la frecuencia hasta 6 kHz en un circuito R-C.

1. Análisis en el dominio de la frecuencia

a. Visualice en el osciloscopio la tensión de entrada y la tensión en R variando la frecuencia de la señal de entrada desde 5Hz hasta máximo 6kHz, doblando la frecuencia para cada prueba (ejemplo: 5, 10, 20, 40, 80, ...). Mida la amplitud de la tensión de entrada y la tensión de salida. Tome medidas del ángulo de desfase entre estas dos tensiones.

a. Grafique en la hoja de papel semilogarítmica, la magnitud de la respuesta en frecuencia del circuito (frecuencia en el eje horizontal con escala logarítmica). Realice observaciones.

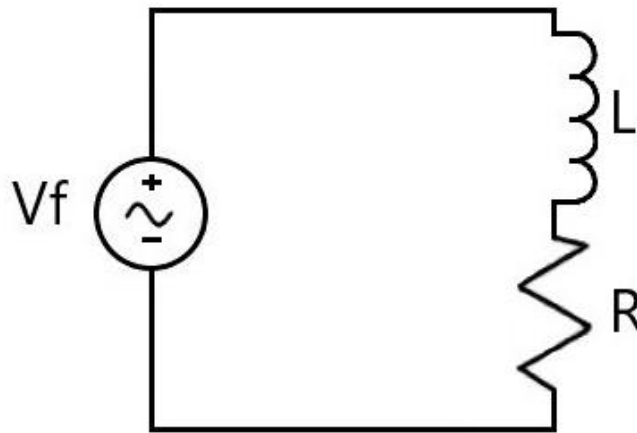
b. ¿Cuál es la frecuencia de corte del circuito?

c. Realice una gráfica en la hoja de papel semilogarítmica, el desfase respecto a la frecuencia de entrada del circuito (frecuencia en el eje horizontal con escala logarítmica). Realice observaciones.

d. ¿Cuál es el ángulo de la respuesta en frecuencia del circuito en la frecuencia de corte?

- e. Compare los datos con los obtenidos teóricamente.
- f. Repita los procedimientos para el circuito de la Figura 62 (salida en R).

Figura 62.

Circuito 2. Práctica VIII

Nota. Circuito 2 de la Práctica 8 variando la frecuencia hasta 6 kHz en un circuito R-L.

$$L = 250\text{mH y } R = 2\text{k}\Omega.$$

3.6.10 Práctica No IX, Circuitos Magneticamente Acoplados

Objetivos

- Determinar la polaridad de los terminales de las bobinas de un transformador monofásico.
- Determinar las relaciones de transformación en un transformador.
- Identificar los devanados de un transformador.

Introducción

Los circuitos estudiados hasta aquí se pueden considerar acoplados conductivamente porque una malla afecta a la otra por medio de la conducción de la corriente eléctrica. Cuando dos mallas con o sin contacto entre ellas se afectan mutuamente por medio del campo magnético generado por una de ellas, se dice que están acoplados magnéticamente.

Los circuitos magnéticamente acoplados poseen inductores para poder transmitir la energía de un lugar a otro del circuito gracias a un fenómeno conocido como inductancia mutua.

La inductancia mutua es el efecto de producir una fuerza electromotriz inducida (fem) en una bobina, debido al cambio de corriente en otra acoplada. La fem inducida en una bobina se describe mediante la ley de Faraday y su dirección siempre es opuesta al cambio del campo magnético producido en ella por la bobina acoplada (ley de Lenz). La inductancia mutua M se puede definir como la proporción entre la fem generada en la bobina 2 y el cambio en la corriente en la bobina 1 que origina esa fem.

La aplicación más usual de la inductancia mutua es el transformador, el cual es un dispositivo diseñado con base en el concepto del acoplamiento magnético. Están compuestos de bobinas magnéticamente acopladas para transferir energía de un circuito a otro y se usan en sistemas eléctricos para aumentar o reducir tensiones o corrientes de AC.

Actividades Previas

- Investigar los procedimientos que existen para identificar la polaridad de los terminales de los bobinados de un transformador.

- Investigar la forma de medir la inductancia mutua de los bobinados de un transformador.
- Investigar que son los taps en un transformador y ¿cuál es su función?

Equipos Necesarios

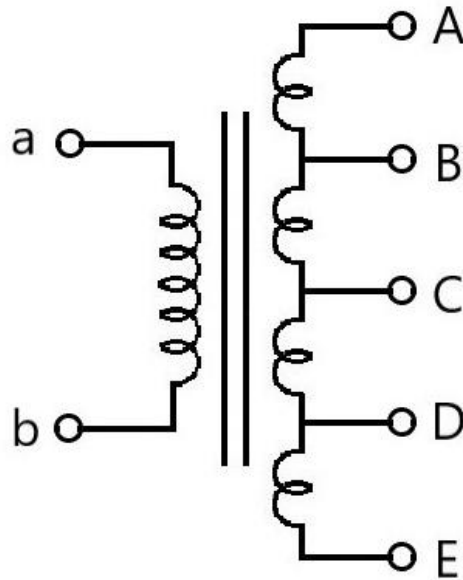
- Multímetro
- Fuente de tensión AC
- Osciloscopio
- Transformador
- Resistencias de 1 a 5 Ω

Nota: El transformador se encuentra conectado implícitamente en la práctica, por tanto, no existe una App para este elemento.

Actividades de laboratorio

1. Seleccione el circuito mostrado en la Figura 63 y realice pruebas entre los terminales del transformador e identifique los bornes del bobinado primario y los bornes del bobinado secundario mediante mediciones de resistencia utilizando el multímetro.

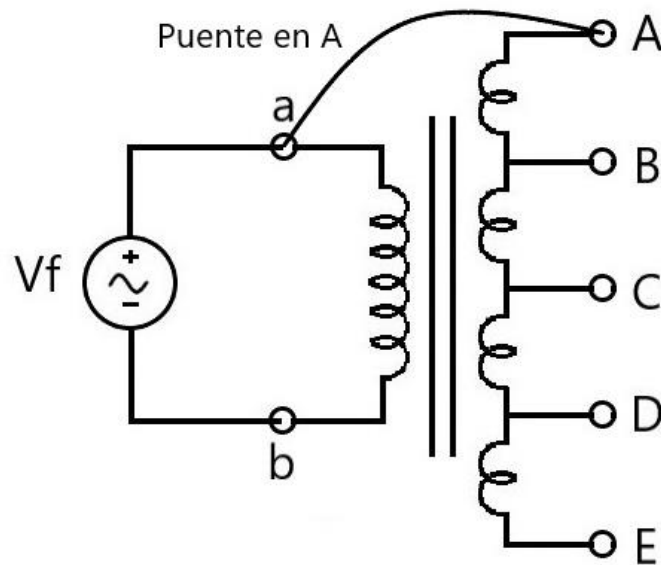
Figura 63.

Circuito 1. Práctica IX

Nota. Circuito 1 de la Práctica 9 transformador monofásico con 1 devanado primario y 5 posibles devanados secundarios.

1. Seleccione el circuito mostrado en la Figura 64. Energícelo con la fuente de tensión AC y determine la polaridad en los terminales del bobinado con el método de puentear los bornes del bobinado primario con el secundario. En la Figura 64, como ejemplo, está conectado el puente entre los terminales a-A, pero se puede puentear el terminal a con cualquiera de los terminales del bobinado secundario del transformador.

Figura 64.

Circuito 2. Práctica IX

Nota. Circuito 2 de la Práctica 9 transformador monofásico con puentes del devanado primario al secundario para calculo de polaridad. El tap central es el terminal C.

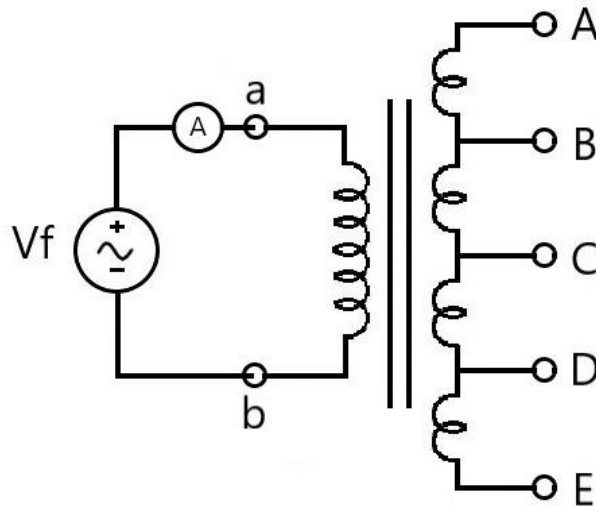
1. Seleccione el circuito de la Figura 63 y con el multímetro, determine el valor de las inductancias del bobinado primario y el bobinado secundario del transformador. Aplique sus conocimientos para hallar el valor de la inductancia mutua M . Debe tener en cuenta que el transformador de la práctica tiene varias configuraciones dependiendo de la asignación del tap central.

2. Seleccione el circuito de la Figura 65. Energícelo con la fuente de tensión AC en el bobinado primario y con el osciloscopio mida el valor de la tensión en los bobinados primario y secundario. Caracterice el transformador a través de un esquema como el de la Figura 63, mostrando la polaridad de los terminales del bobinado, la relación de las tensiones (sin carga en el secundario) y la relación del número de vueltas del enrollamiento en las bobinas. ¿Se cumplen

las relaciones esperadas?, ¿Cuáles pueden ser las razones del error en la relación de la tensión en el primario y la tensión en el secundario del transformador?

Figura 65.

Circuito 3. Práctica IX



Nota. Circuito 3 de la Práctica 9 transformador monofásico conectado en el primario y sin carga en el secundario para cálculo de corriente de pérdidas y tensiones en el devanado secundario.

1. Con el multímetro y seleccionando el circuito de la Figura 65, determine el valor de la corriente de pérdidas del primario (medición de la corriente en el primario con el secundario sin carga).

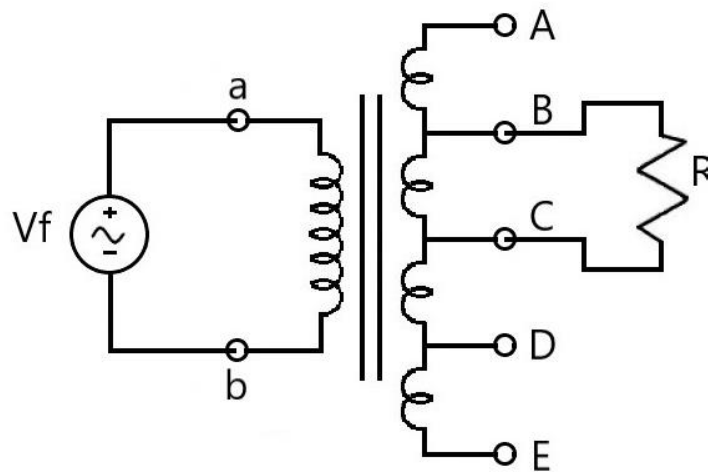
2. Seleccione el circuito de la Figura 66 y elija uno de los devanados del secundario del transformador para realizar la conexión de la carga (1 a 5Ω) de tal manera que la corriente en el secundario sea entre 300 y 500 mA. Mida el valor de la corriente del bobinado primario y del bobinado secundario. Basado en las mediciones determine la relación del transformador. Con el

osciloscopio compare nuevamente las tensiones de los devanados. ¿Qué conclusión puede hallar respecto a la medición sin carga en el secundario?

La carga conectada entre los terminales B-C en la Figura 66 es solo un ejemplo de conexión, el estudiante puede seleccionar entre que bornes conectar la carga.

Figura 66.

Circuito 4. Práctica IX



Nota. Circuito 4 de la Práctica 9 transformador monofásico con carga en el devanado secundario de menor tensión.

1. Realice las comparaciones de tensiones y corrientes con los valores teóricos para el modelo de circuito magnéticamente acoplado del transformador.

3.6.11 Práctica No X, Circuitos Magnéticamente Acoplados – Conexión Trifásica

Objetivos

- Comprobar las relaciones de transformación para las conexiones Y- Δ y Y-Y usando transformadores monofásicos.
- Comparar los tipos de conexión Y- Δ y Y-Y usando transformadores monofásicos.

Introducción

La mayoría de los sistemas de generación y distribución de energía importantes en el mundo son sistemas AC trifásicos.

Los transformadores para circuitos trifásicos pueden construirse de dos maneras: Tomando tres transformadores monofásicos y conectándolos en una bancada trifásica o haciendo un transformador trifásico que consiste en tres juegos de devanados enrollados sobre un núcleo común. Es más costoso usar tres transformadores monofásicos, pero tiene la ventaja que, en caso de que se presente algún daño, puede ser remplazada cualquier unidad individualmente.

Actividades Previas

- Investigar las ventajas y desventajas de las conexiones Y- Δ y Y-Y en transformadores.
- Analizar gráficamente las conexiones trifásicas Y- Δ y Y-Y con tres transformadores monofásicos.

- ¿Qué diferencia hay al usar tres transformadores monofásicos para una conexión trifásica a un transformador trifásico y cuáles son las ventajas y desventajas?
- En que aplicaciones se pueden usar los transformadores monofásicos y en cuales los transformadores trifásicos.
- ¿Cuáles son los tipos de conexión de un transformador trifásico?

Equipos Necesarios

- Multímetro
- Fuente de tensión AC
- Osciloscopio
- Tres transformadores monofásicos
- Resistencias de 2 a 5 Ω
- Resistencias de 500 a 1000 Ω

Nota: Los transformadores se encuentran conectados implícitamente en la práctica, por tanto, no existe una App para este elemento.

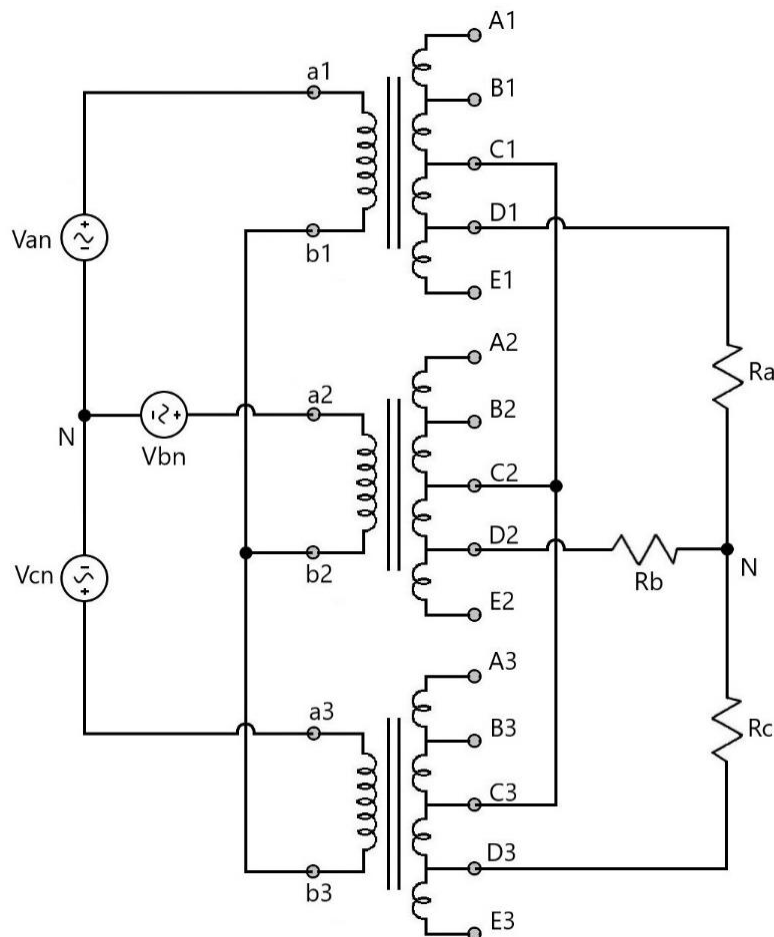
Actividades De Laboratorio

1. Seleccione el circuito de la Figura 67. En este se observa una conexión Y con el bobinado secundario utilizando tres transformadores monofásicos y respetando la polaridad de cada bobina. Se realiza la conexión en la menor tensión posible de los transformadores. Analice dicha

conexión. A la salida de la conexión Y, se encuentra conectada una carga resistiva en Y. Mida la corriente de línea, la tensión de línea y la tensión de fase. Muestre las formas de onda con el osciloscopio.

Figura 67.

Circuito 1. Práctica X



Nota. Circuito 1 de la Práctica 10 transformador trifásico en conexión Y-Y en el devanado secundario.

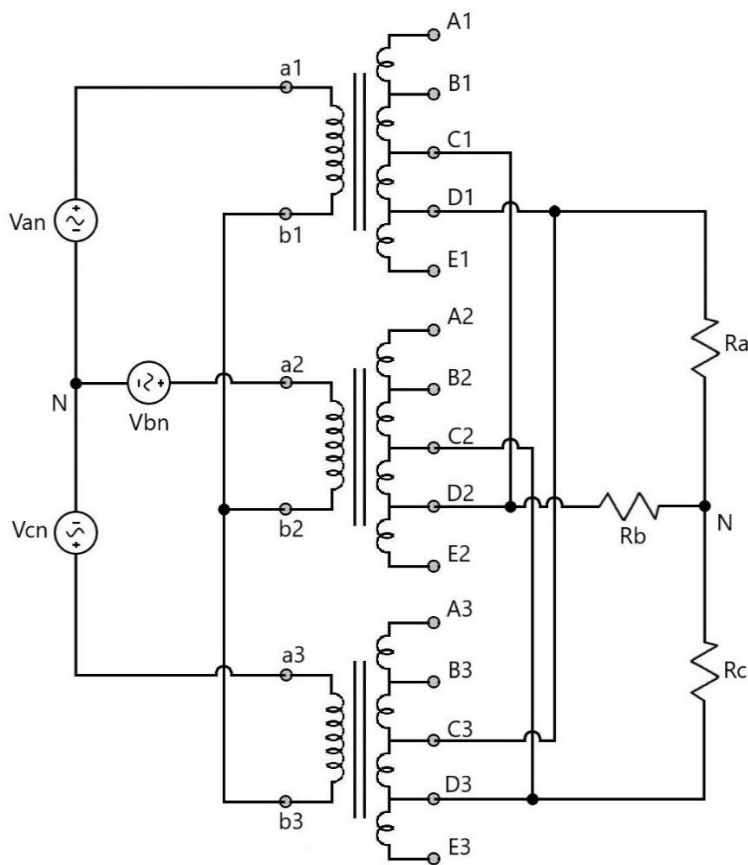
2. Analice la conexión Δ en el bobinado secundario de los tres transformadores monofásicos que se observa en la Figura 68, el cual se conecta respetando la polaridad de cada bobina y conectando a la salida de la conexión Δ una carga resistiva en Y. Seleccione el circuito de la

Figura 68, mida la corriente en la conexión delta de fuente. Compárela con la corriente de línea en la carga. Mida la tensión en la conexión delta de la fuente y compárela con la tensión en la carga. Compare los resultados obtenidos con el análisis teórico.

- ¿Cuál de las dos conexiones le ofrece la tensión más alta?
- ¿Cuál conexión realiza un menor consumo de corriente?
- ¿Qué sucedería si no se tiene en cuenta la polaridad de los bobinados al hacer las conexiones trifásicas?

Figura 68.

Circuito 2. Práctica X



Nota. Circuito 2 de la Práctica 10 transformador trifásico en conexión Δ -Y en el devanado secundario.

3.6.12 Práctica No XI, Análisis Transitorio En Circuitos No Básicos

Objetivos

- Observar el comportamiento transitorio de la tensión en los condensadores en circuitos no básicos.
- Relacionar los resultados de la práctica con la transformada de Laplace de las respuestas.

Introducción

Los circuitos eléctricos básicos suelen reducirse a una configuración RC o RL para su análisis. Cuando este procedimiento no se puede realizar, resultan circuitos con respuesta transitoria de orden superior donde su solución se facilita a través de la aplicación de la transformada de Laplace.

En la resolución de ecuaciones diferenciales que conforman circuitos RLC, dichas ecuaciones se encuentran en el dominio del tiempo y mediante la transformada de Laplace pasa al dominio de s , dominio de Laplace.

Una vez resuelto, efectuando las respectivas operaciones algebraicas, se aplica la transformada inversa de Laplace para obtener la respuesta en el dominio del tiempo. En la presente práctica se va a estudiar dicha transformada mediante un circuito compuesto por resistencias y condensadores.

Actividades Previas

- Para el circuito de la práctica, obtener la expresión de la transformada de Laplace para la tensión en los condensadores.
- Realizar la simulación del circuito en ORCAD, obteniendo la tensión en los condensadores al conmutar el interruptor.

Nota: Deben tomar los valores de resistencias y condensadores dentro de los rangos propuestos para la práctica. Tener en cuenta que los valores elegidos al simular deben de ser los mismos al realizar la práctica.

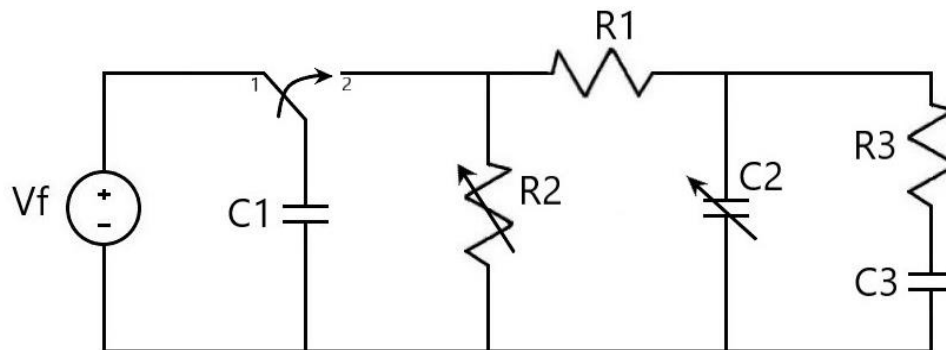
Equipos Necesarios

- Multímetro
- Fuente de tensión DC
- Osciloscopio
- Resistencias de 100 a 1 k Ω
- Capacitores de 47 a 300 nF y de 1 a 10 μ F

Actividades De Laboratorio

1. Seleccione el circuito que se muestra en la Figura 69.

Figura 69.

Circuito 1. Práctica XI

Nota. Circuito 1 de la Práctica 11 análisis de tensión al conmutar el interruptor.

2. Observe a través del osciloscopio, las tensiones en los capacitores y resistencias al conmutar el interruptor.
3. Observe la variación de la respuesta del capacitor C3 cuando varía C2.
4. Observe la variación de la respuesta del capacitor C3 cuando varía R2.
5. Relacionar los resultados de la práctica con las respuestas obtenidas utilizando la transformada de Laplace. Realice comentarios sobre la influencia de los polos sobre las respuestas obtenidas en la práctica.

3.6.13 Práctica No XII, redes de dos puertos – parámetros en Y

Objetivos

- Verificar la validez de las expresiones que permiten calcular algunas funciones de red; tales como la impedancia de entrada y de salida, función de transferencia, etc.

- Utilizar el concepto de redes de dos puertos en el análisis de un circuito, sistema o filtro.

Introducción

Las redes de dos puertos son circuitos en que se define un par de terminales como puerto de entrada y otro par de terminales como puerto de salida. Ejemplos de redes de dos puertos son los amplificadores y los filtros, también puede conectarse con otra red de dos puertos para constituir una red de dos puertos más compleja.

Lo relevante en el estudio de las redes de dos puertos son las tensiones y corrientes (V_1 , V_2 , I_1 , I_2) en las terminales de esta.

Actividades Previas

- Analizar los parámetros Y de los circuitos a construir en la guía.

Equipos Necesarios

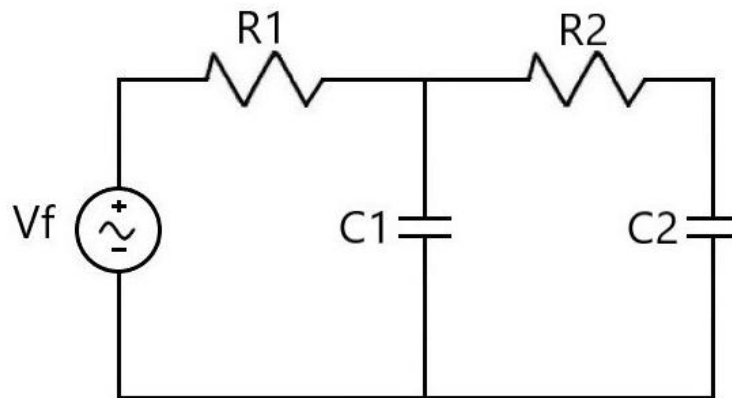
- Multímetro
- Generador de señales
- Osciloscopio
- Resistencias
- Capacitores

Actividades De Laboratorio

1. Analice el circuito de la Figura 70.

Figura 70.

Circuito 1. Práctica XII

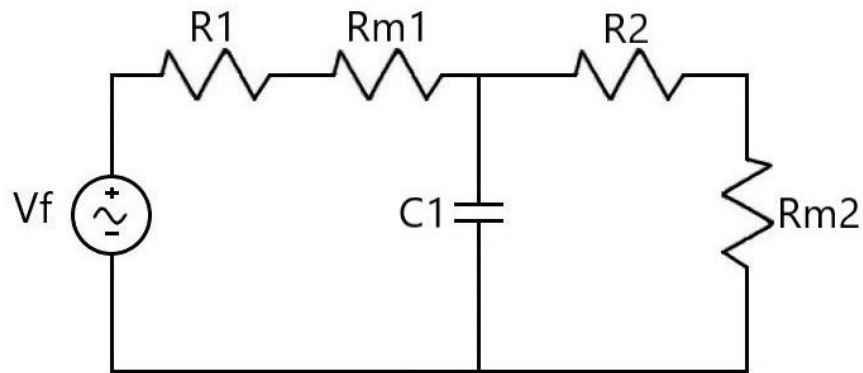


Nota. Circuito 1 de la Práctica 12 circuito inicial para cálculo de parametros de admitancia.

Los valores de los elementos de la Figura 70, 71 y 72 son:

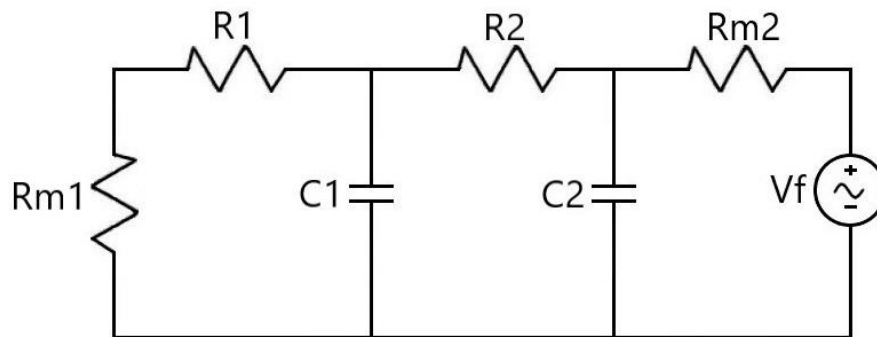
- V_f (Amplitud) = 5V, $f_{re} = 700\text{Hz}$.
- $C1 = 10\text{nF}$.
- $C2 = 10\text{nF}$.
- $R1 = 1\text{k}\Omega$.
- $R2 = 1\text{k}\Omega$.

Figura 71.

Circuito 2. Práctica XII

Nota. Circuito 2 de la Práctica 12 cortocircuitando la red B y agregando resistencias de medida para medición de corriente indirecta.

Figura 72.

Circuito 3. Práctica XII

Nota. Circuito 3 de la Práctica 12 cortocircuitando la red A y agregando resistencias de medida para medición de corriente indirecta.

1. Para hallar los parámetros $y_{11}(s)$ y $y_{21}(s)$, se inserta una fuente de tensión en el puerto 1 se pone en corto circuito el puerto 2 como se observa en el circuito de la Figura 71 medir las corrientes resultantes en cada puerto.

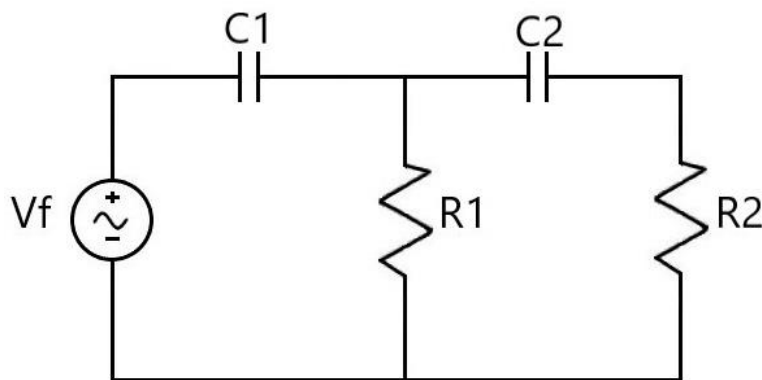
Nota: R_{m1} y R_{m2} representan la resistencia de 1Ω cada uno en el circuito para realizar la medición indirecta de corriente por medio del osciloscopio. Recuerde que debe realizar la medición de corriente en relación con la tensión de entrada tomando los valores de magnitud y fase.

1. El procedimiento es similar para hallar los otros dos parámetros, se aplica una tensión de entrada en el puerto 2 y se pone en corto circuito el puerto 1 como se observa en el circuito de la Figura 72; medir las corrientes resultantes en cada puerto.

2. Repetir los pasos 2 y 3 para encontrar los parámetros Y en el circuito de la Figura 73. El paso número 2 se realiza seleccionando el circuito de la Figura 74 y el paso número 5 se realiza seleccionando el circuito de la Figura 6.

Figura 73.

Circuito 4. Práctica XII

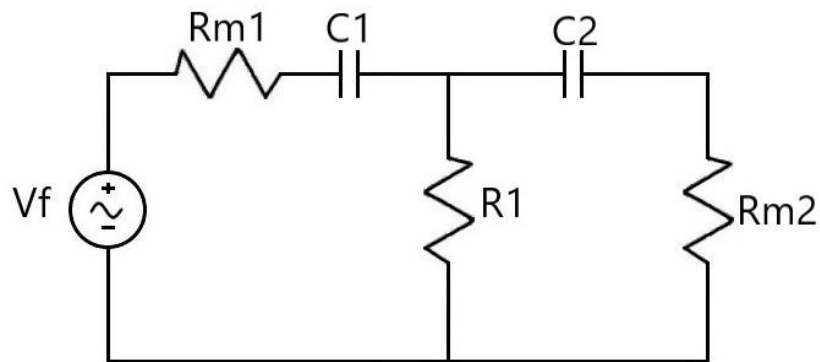


Nota. Circuito 4 de la Práctica 12 circuito inicial para cálculo de parámetros de admitancia.

Los valores de los elementos de la Figura 73,74 y75 son:

- V_f (Amplitud)= 5V, $F_{re} = 700\text{Hz}$.
- $C1 = 1\mu\text{F}$.
- $C2 = 1\mu\text{F}$.
- $R1 = 4.7\text{k}\Omega$.
- $R2 = 4.7\text{k}\Omega$.

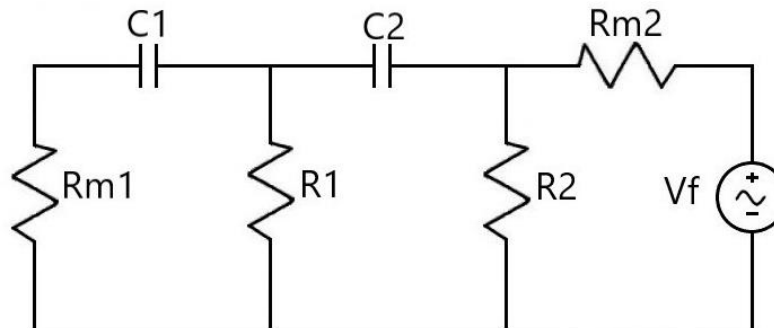
Figura 74.

Circuito 5. Práctica XII

Nota. Circuito 5 de la Práctica 12 cortocircuitando la red B y agregando resistencias de medida para medición de corriente indirecta.

Figura 75.

Circuito 6. Práctica XII

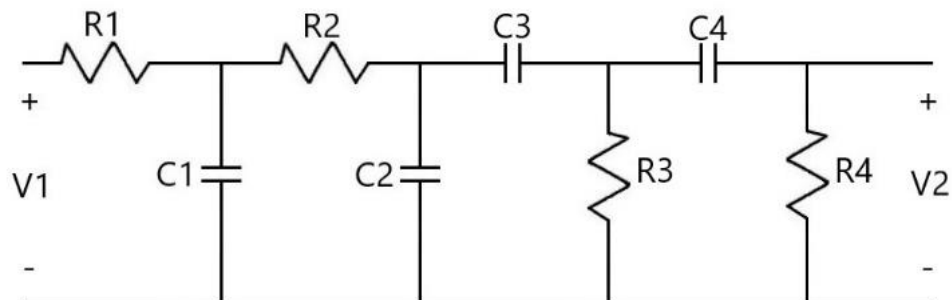


Nota. Circuito 6 de la Práctica 12 cortocircuitando la red A y agregando resistencias de medida para medición de corriente indirecta.

1. La conexión en cascada de los circuitos de las Figuras 70 y Figura 73 da como resultado el circuito de la Figura 76, repetir los pasos 2 y 3 de la práctica para hallar los parámetros Y en la conexión. El paso número 3 se realiza seleccionando el circuito de la Figura 77 y el paso número 4 se realiza seleccionando el circuito de la Figura 78.

Figura 76.

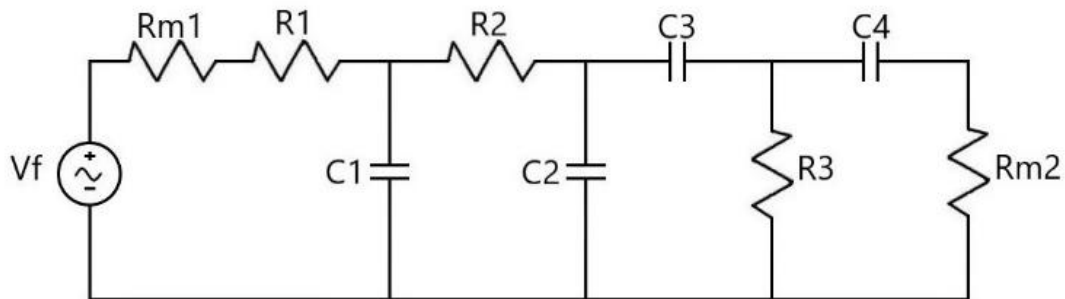
Circuito 7. Práctica XII



Nota. Circuito 7 de la Práctica 12 acoplamiento del circuito de la figura 73 y 71 para cálculo de los parámetros de admitancia.

Figura 77.

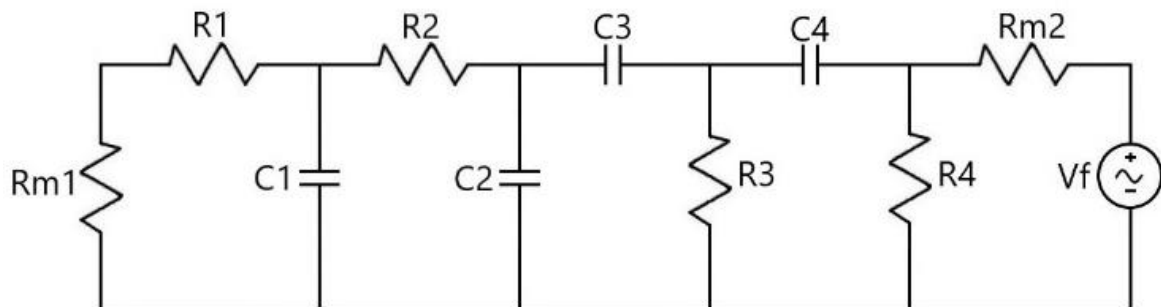
Circuito 8. Práctica XII



Nota. Circuito 8 de la Práctica 12 cortocircuitando la red B y agregando resistencias de medida para medición de corriente indirecta.

Figura 78.

Circuito 9. Práctica XII



Nota. Circuito 9 de la Práctica 12 cortocircuitando la red A y agregando resistencias de medida para medición de corriente indirecta.

1. Analizar matemáticamente los circuitos probados y comparar con los resultados obtenidos en el laboratorio experimentalmente.
2. Hallar el equivalente de cada red mediante transformación a parámetros Z y H.

4. Conclusiones

Se cumplieron los objetivos propuestos en el presente trabajo de grado.

Teniendo en cuenta que 10 de las 12 prácticas del laboratorio se desarrollaban de manera presencial en el laboratorio con los equipos e instrumentos de medida, se puede concluir que la creación de aplicaciones para emular el ambiente del laboratorio es una solución a esta crisis del covid-19 ya que se pueden desarrollar las sesiones del laboratorio de una forma sencilla y didáctica para el estudiante en la modalidad de presencialidad remota.

La metodología establecida en el presente trabajo de grado fue un gran acierto ya que nos orientó muy bien al desarrollo de este trabajo de grado y a la creación de las prácticas del laboratorio.

Para la creación del manual de prácticas del laboratorio, se tuvo que revisar primero el cronograma de temas del semestre y las guías de las prácticas existentes que los estudiantes estaban realizando de distintos docentes, ya que no existían unas guías generales. En conclusión, generalizar las prácticas del laboratorio por medio de un manual de prácticas es favorable tanto para los docentes que dictan la asignatura como para los estudiantes que la cursan.

Con el fin de mejorar la interacción de los estudiantes con las aplicaciones creadas en la interfaz gráfica app designer de MATLAB, se puede afirmar que la creación de los video tutoriales en YouTube son una gran herramienta para que los estudiantes comprendan de una forma sencilla el funcionamiento de las aplicaciones.

Con el fin de mejorar en el ámbito académico e investigativo, la Universidad Industrial de Santander, adquiere la licencia académica de MATLAB para brindar dicho software a los

estudiantes. Por tal motivo, a los estudiantes se les facilita la instalación del software para ejecutar las aplicaciones y llevar a cabo el desarrollo del laboratorio. Sin embargo, el estudiante debe tener instalado como mínimo la versión R2020b de MATLAB.

La realización del laboratorio juega un papel importante en el desarrollo de las habilidades y destrezas en el estudiante. Comparando las prácticas del laboratorio llevadas a cabo de manera presencial con las prácticas de laboratorio por medio de aplicaciones en modalidad a distancia. Las sesiones del laboratorio llevadas a cabo por medio de aplicaciones son una gran ayuda para estos tiempos de coronavirus o que no se pueda asistir al laboratorio por alguna otra razón de fuerza mayor y así no se pierden ninguna clase o práctica del laboratorio, sin embargo, el desarrollo del laboratorio en la modalidad a distancia, nunca le va a brindar al estudiante la misma experiencia de acudir al laboratorio presencialmente y manipular los equipos e instrumentos de medida.

Referencias Bibliográficas

- Canaza-Choque, F. A. (2020). Educación superior en la cuarentena global: disrupciones y transiciones. *La Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria (RIDU)* , 14(2). Recuperado el 2020, de <https://revistas.upc.edu.pe/index.php/docencia/article/view/1315>
- Cid Espinosa , G. (Julio de 2018). *oa.upm.es*. Recuperado el 2020 , de http://oa.upm.es/53343/1/TFG_GUILLERMO_CID_ESPINOSA.pdf
- Departamento de Ecuaciones Diferenciales y Analisis numerico. (2020). <http://departamento.us.es/>. Recuperado el 2020, de http://departamento.us.es/deupfis1/FEE/practicas/Osciloscopio_des.pdf
- EcuRed. (2021). *ecured.cu*. Recuperado el 2020, de <https://www.ecured.cu/Amperio>
- Electronica Unicom. (2021). *unicrom*. Recuperado el 2021, de <https://unicrom.com/valor-rms-promedio-pico/>
- Facultad de Matematicas, Astronomia, Fisica y Computacion . (2018). *Famaf* . Recuperado el 2020 , de <https://www.famaf.unc.edu.ar/~anoardo/Multimetro.pdf>
- Instituto Nacional de Tecnologias y de Formacion del Profesorado . (2020). *roble.pntic.mec.e*. Recuperado el 2020 , de <http://roble.pntic.mec.es/jlop0164/archivos/transformador.pdf>
- Lopez Rua , A. M., & Tamayo Alzate, Ó. E. (enero de 2012). LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS NATURALES. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (Colombia)*, 8(1), 145 - 166. Recuperado el 2020, de <https://www.redalyc.org/pdf/1341/134129256008.pdf>

- Matthew N, O. S., & Charles, K. A. (2016). *Capacitores e inductores: Fundamentos de circuitos eléctricos*. Mexico: McGraw-Hill.
- Perez , I. (2015). *ocw.uc3m.es*. Recuperado el 2020, de http://ocw.uc3m.es/tecnologia-electronica/componentes-y-circuitos-electronicos/practicas-1/OCW-CCE_P1_Introduccion_simulacion_circuitos_electronicos.pdf/view
- Real Academia Española. (2021). *dle.rae.es*. Recuperado el 2020, de <https://dle.rae.es/voltio#GJBSyjt>
- The MathWorks, Inc. (2021). <https://www.mathworks.com/>. Recuperado el 2020, de <https://www.mathworks.com/products/matlab/app-designer.html>
- Vicentini, I. C. (20 de Mayo de 2020). *publications.iadb.org/*. Recuperado el 2020, de <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/La-educacion-superior-en-tiempos-de-COVID-19-Aportes-de-la-Segunda-Reunion-del-Di%C3%A1logo-Virtual-con-Rectores-de-Universidades-Lideres-de-America-Latina.pdf>