Manual de Laboratorio de Electrónica Básica

Álvaro Pérez Tirado

Manual de Laboratorio de Electrónica Básica

Álvaro Pérez Tirado

ISBN: 978-958-8123-82

UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO

RECTORA
ANA SOFIA MESA DE CUERVO

VICERECTOR ADMINISTRATIVO Y FINANCIERO
FREDDY DÍAZ

VICERECTOR DE DOCENCIA
FERNANDO CABARCAS CHARRIS

VICERECTORA DE INVESTIGACIÓN, EXTENSIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL
RAFAELA VOS OBESO

DECANO FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
LUÍS CARLOS GUTIÉRREZ MORENO

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN

PORTADA
DANIELA HENAO

IMPRESIÓN

TIRAJE
300 LIBROS

EL MATERIAL DE ESTA PUBLICACIÓN NO PUEDE SER REPRODUCIDO SIN LA AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES Y EDITORES. LA RESPONSABILIDAD DEL CONTENIDO DE ESTE TEXTO CORRESPONDE A SUS AUTORES.

IMPRESO Y HECHO EN COLOMBIA
©UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO
BARRANQUILLA, 2010

Índice General

	Pág.
Introducción	VIII
Reglamento Interno del Laboratorio de Electrónica	X
Prólogo	XVI
Símbolos más utilizados en Electrónica Básica	XVIII
Práctica 1: Fuentes de voltaje DC y Equipos de medición	1
1.1. Objetivos	1
1.2. Equipos y Materiales	1
1.3. Fundamentos Teóricos	4
1.4. Programa de Medición	5
1.5. Análisis de Datos	11
Práctica 2: Fuentes de voltaje AC y Equipos de medición	13
2.1. Objetivos	13
2.2. Equipos y Materiales	13
2.3. Fundamentos Teóricos	16
2.4. Programa de Medición	18
2.5. Análisis de Datos	24
Práctica 3: Comprobación de la Ley de Ohm	25
3.1. Objetivos	25
3.2. Equipos y Materiales	25

3.3. Fundamentos Teóricos 26

3.4. Programa de Medición 28

3.5. Análisis de Datos 32

Práctica 4: Medición de la Capacitancia de un Condensador Evaluandoel Factor RC del Circuito 33

4.1. Objetivos 33

4.2. Equipos y Materiales 33

4.3. Fundamentos Teóricos 34

4.4. Programa de Medición 36

4.5. Análisis de Datos 38

Práctica 5: Empleo de los Diodos como Rectificadores de Corriente 39

5.1. Objetivos 39

5.2. Equipos y Materiales 39

5.3. Fundamentos Teóricos 40

5.4. Programa de Medición 41

5.5. Análisis de Datos 46

Práctica 6: Empleo de los Diodos como Reguladores de Voltaje 47

6.1. Objetivos 47

6.2. Equipos y Materiales 47

6.3. Fundamentos Teóricos 48

6.4. Programa de Medición 49

6.5. Análisis de Datos 57

Práctica 7: Cálculo del Factor de Ganancia de Corriente de un Transistor 58

7.1. Objetivos 58

7.2. Equipos y Materiales 58

7.3. Fundamentos Teóricos 59

7.4. Programa de Medición 60

7.5. Análisis de Datos 62

Práctica 8: Implementación de Amplificadores Operacionales 63

8.1. Objetivos 63

8.2. Equipos y Materiales 63

8.3. Fundamentos Teóricos 65

8.4. Programa de Medición 66

8.5. Análisis de Datos 68

Práctica 9: El Temporizador 555 69

9.1. Objetivos 69

9.2. Equipos y Materiales 69

9.3. Fundamentos Teóricos 72

9.4. Programa de Medición 78

9.5. Análisis de Datos 79

Práctica 10: Filtrado de Señales 80

10.1. Objetivos 80

10.2. Equipos y Materiales 80

10.3. Fundamentos Teóricos 81

10.4. Programa de Medición 86

10.5. Análisis de Datos 88

Anexos 90

LISTA DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1.1	Resistencias fijas y variables	2
Figura 1.2	Fuentes de corriente continúa	3
Figura 1.3	Voltímetro sensando el voltaje de R2 o diferencia de potencial entre nodos 2 y 0. Obsérvese que la punta (+) va al nodo y la (-) al nodo cero.	3
Figura 1.4	Amperímetro sensando la corriente que del nodo 2 va a R2. Observe que la corriente entra al medidor por el terminal (+) y sale por el (-).	4
Figura 1.5	Circuito de tres resistencias en serie alimentado con una fuente DC variable.	7
Figura 2.1	Generador de señales y sus perillas de control	15
Figura 2.2	El osciloscopio y sus controles más importantes	16
Figura 2.3	Circuito compuesto de una resistencia y una fuente de voltaje alterno	20
Figura 2.4	Representación de la pantalla del osciloscopio	22
Figura 2.5.	Representación de las 3 señales que se obtienen con el generador	23
Figura 3.1	Circuito básico para la evaluación de la ley de ohm	28
Figura 3.2	Circuito no lineal. En él la resistencia es afectada fuertemente por la temperatura	29
Figura 3.3	Circuito en el que se implementa un diodo, elemento caracterizado por ser no lineal	30

Figura 3.4	Circuito de evaluación de la ley de ohm con combinación de resistencias en serie y paralelo	31
Figura 4.1	Capacitores comerciales fijos y variables	34
Figura 4.2	Al cerrar el interruptor el capacitor se carga. Al abrirlo el capacitor se descarga a través del lazo 2-3-0	35
Figura 5.1	Tipos de empaquetaduras de los diodos	40
Figura 5.2	Empleo del osciloscopio en el análisis de señales AC. a) Directamente de la fuente. b) Con un diodo a la salida de la fuente: Rectificador de media onda	42
Figura 5.3	Señales alternas observadas en el osciloscopio. a) De una fuente sinusoidal. b) De un rectificador de media onda.	42
Figura 5.4	Fuente AC	44
Figura 5.5	Señales obtenidas en las salidas de un transformador convencional. Recuerde que el osciloscopio debe permanecer en el modo de señal DC.	44
Figura 5.6	Rectificador de onda completa con derivación central	45
Figura 6.1	Diodos zener y su símbolo	48
Figura 6.2	Diodos zener, implementado como regulador de voltaje	49
Figura 6.3	Diodos zener, implementado para observar el efecto de la polarización inversa.	50
Figura 6.4	Análisis de una señal variable en un circuito resistivo	54
Figura 6.5	Implementación de un diodo como regulador de voltaje	55
Figura 6.6	Fuente DC construida a partir de un diodo rectificador y un diodo	

	regulador y una fuente AC	56
Figura 7.1	Empaquetamiento típico de los transistores	59
Figura 7.2	Transistor NPN en conexión de emisor común	60
Figura 8.1	Amplificadores operacionales	64
Figura 8.2	Conectores del LF411	64
Figura 8.3	Amplificador inversor	65
Figura 8.4	Amplificador no inversor	66
Figura 9.1	Pines del 555	70
Figura 9.2	Estructura interna del circuito integrado del 555	72
Figura 9.3	Estructura interna del circuito integrado del 555 como multivibrador monoestable	74
Figura 9.4	Ondas del circuito integrado del 555 como multivibrador monoestable	75
Figura 9.5	Ondas del circuito integrado del 555 como multivibrador astable	76
Figura 9.6	Formas de ondas del CI 555 como multivibrador astable	76
Figura 10.1	Diagrama en bloques de una red lineal	81
Figura 10.2	Circuito Pasa Altas	83
Figura 10.3	Respuesta en frecuencia ideal y real de un filtro pasa altas	84
Figura 10.4	Circuito Pasa Bajas	84
Figura 10.5	Respuesta en frecuencia ideal y real de un filtro pasa bajás	85

Introducción

La Electrónica I es uno de los componentes más importante que conforman el estudio de la electrónica debido a que ella busca proporcionar las bases para el desarrollo e implementación de los circuitos electrónicos y de las herramientas necesarias para cubrir otros cursos tales como: electrónica II, electrónica analógica, electrónica digital, etc. que se importan en el laboratorio de instrumentación y metrología de la Universidad del Atlántico o Departamento de Física.

Un circuito electrónico consiste en un modelo simplificado de una instalación real o de algún dispositivo eléctrico o electrónico como por ejemplo un relay, motor, generador, fuente de alimentación, etc. La parte experimental de los circuitos electrónicos, que se importen en este manual, proporcionan las herramientas matemáticas, eléctricas y electrónicas con los que se puede calcular el valor de algunas magnitudes eléctricas como voltaje, corriente, potencia, frecuencia, etc. en cualquier punto de un sistema electrónico o en el interior de un dispositivo (sensor, generador, fuente de alimentación, osciloscopio, etc.).

Este manual se profundiza en la parte experimental, que junto con los conceptos teóricos adquiridos por los alumnos en los cursos de física eléctrica, lo hacen una herramienta indispensable para abarcar otros estudios avanzados de la electrónica. Por tener los cursos de electrónica un componente experimental, se hace énfasis, desde las primeras experiencias, en el manejo y cuidado de los equipos así como también en los conceptos

metrológicos de rango y división de escala. De esta manera se busca que los usuariosde esta guía tengan bases para obtener datos confiables en las mediciones y buenos resultadoscon las prácticas.

En este manual, el objetivo principal que se persigue es dotar al alumno de las herramientas electrónicas necesarias para realizar e interpretar circuitos electrónicos y consta de diez prácticasde laboratorio donde cada una de ellas se subdivide en: objetivos, materiales y equiposnecesarios para su desarrollo, una parte teórica o fundamento teórico, se identifican losmateriales a utilizar (equipo, unidad, rangos de escala, etc.) y el análisis e interpretaciónde los datos obtenidos con sus conclusiones. También hay una teoría recomendada paraque el alumno profundice previamente los conceptos y de esta manera pueda obtener mejores resultadosen el momento de desarrollar la práctica.

Reglamento Interno del Laboratorio de Electrónica

Los alumnos que realicen prácticas de laboratorios correspondientes a las asignaturas de electrónica, como Electrónica I, Electrónica II, Electrónica analógica y Electrónica digital, deben tener encuenta las normas contenidas en el presente reglamento:

1. El manual del laboratorio de electrónica se puede adquirir con su profesor. Cadaestudiante debe traer el material necesario para cada experiencia. Con la ayuda del manual y la bibliografía sugerida, el estudiante deberá prepararse para realizar laexperiencia por sí solo.

2. Se exige puntualidad en las prácticas. Pasados diez minutos de la hora de iniciaciónno se permitirá el ingreso al laboratorio y la calificación en esa sesión será de cero.

3. En la primera sesión de laboratorios el profesor procederá a distribuir los estudiantesmatriculados en grupos de trabajo.

4. El profesor evaluará la preparación del estudiante y dará autorización expresa deiniciar la práctica si los resultados son satisfactorios. En caso de no serlo la nota

será de cero y el estudiante continuará con el laboratorio solo como preparación para los exámenes finales.

5. El material o equipo de laboratorio se devolverá al profesor o auxiliar antes de iniciarla parte de análisis e interpretación de datos, en el estado en que se recibieron.

6. En caso de daño por negligencia o pérdida de algún material o equipo, además dereponerse con uno de la misma calidad y referencia antes de iniciar el siguienteexperimento, se disminuirá la nota en la respectiva sesión.

7. En caso de alguna duda en el montaje, el estudiante podrá consultarle al profesor.Durante el laboratorio el profesor supervisará y evaluará el desempeño de cada estudiante.Si se considera que no está desarrollando correctamente la experiencia, leserá exigida la repetición inmediata de la parte o partes correspondientes.

8. Redacte su informe en forma clara y legible. La nota que Usted obtiene en el experimentoes una valoración de su trabajo, esfuerzo y dedicación.

9. Cuando el estudiante falte por causa justificada, debe acreditarla, siguiendo el conductoestablecido en el reglamento estudiantil para los exámenes supletorios y podrá recuperarse en la fecha y hora acordada con el respectivo profesor, previa presentación de la autorización del supletorio. En el caso de una segunda inasistencia,aunque sea justificada, no habría recuperación y la nota será de cero en la sesiónrespectiva.

10 El retiro no autorizado del aula se considera como inasistencia.Las visitas durante las experiencias están prohibidas.

11 El promedio de las notas de los informes corresponden al 40% de las prácticas de laboratorios, talleres, evaluaciones cortas y trabajos de investigación, el 60% restante se obtiene de una evaluación final.

RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD EN EL LABORATORIO

El desarrollo de las prácticas propuestas en este texto no representa un riesgo para la vida de los estudiantes, sin embargo se recomienda tener en cuenta las precauciones necesarias para el manejo de las variables eléctricas y estar atento a las instrucciones del profesor.

Los accidentes de origen eléctrico pueden provocar daños sobre las personas (lesiones, e incluso muertes) y sobre los bienes (equipos dañados, riesgo de incendio y explosiones). Sin embargo, la mayoría de los accidentes tienen su origen en una falla humana (por negligencia oignorancia). Esto implica que podrían evitarse silas personas involucradas conocieran y llevarana la práctica ciertas normas básicas deseguridad.

Se denomina descarga eléctrica en un objeto cuando la corriente eléctrica usa como medio de transmisión a este mismo. En el caso que este objeto resulta ser el cuerpo humano, decimos entonces que la persona ha sufrido una descarga eléctrica. La electricidad daña los tejidos al transformarse en energía térmica. El daño tisular no ocurre únicamente en el lugar de contacto con la piel, sino que puede abarcar a tejidos u órganos subyacentes a la zona de entrada o de salida de la corriente. El grado de lesión tisular depende de varios factores:

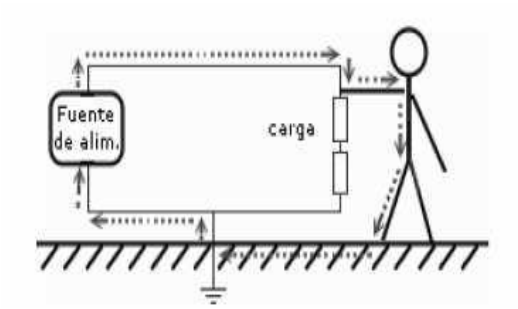
Intensidad de la corriente (en amperios), la cual, a su vez, depende del voltaje y de la resistencia de los tejidos al paso de la corriente (intensidad = voltaje / resistencia). Habrá más daño a mayor voltaje y menor resistencia. Las lesiones más severas se producen por corrientes de alto voltaje (mayor de 1000 voltios), perouna descarga "doméstica" con una corriente alterna de 110 voltios, puede ser mortal. La resistencia de los tejidos es variable.

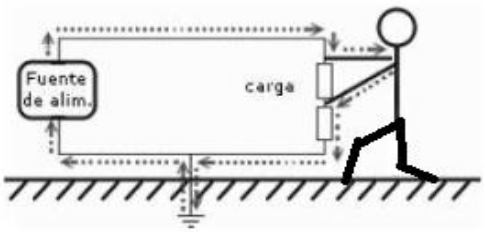
Trayecto de la corriente a través del cuerpo: si se pueden identificar los puntos de entrada y de salida (donde hallaremos carbonización de la piel, denominada necrosis coagulativa), se puede sospechar el pronóstico y la gravedad del proceso valorando los tejidos que han podido ser dañados por la corriente. Recordemos que los tejidos más superficiales se enfriarán antes que los profundos, por los que el calentamiento puede ocasionar lesiones más graves. En general, son peores los trayectos "horizontales" (por ejemplo, brazo-brazo), que los verticales (como hombro-pierna).

Duración del contacto con la corriente; a mayor tiempo de exposición, peores consecuencias. Tengamos además en cuenta otra consideración: la corriente alterna suele producir más daños que la corriente directa.

Riesgo eléctrico

El riesgo eléctrico consiste en la posibilidad decirculación de la corriente eléctrica a través delcuerpo humano. Para que esto ocurra, el cuerpodebe formar parte de un circuito eléctrico. Algunos ejemplos son:





La posibilidad de recibir una descarga eléctrica depende en gran medida del contacto con un suministro de energía, estos contactos pueden ser:

Contacto directo: con las partes activas delequipo que están diseñadas para manejarcorriente (cables, contactos, clavijas, barras dedistribución, etc.)

Contacto indirecto: con las partes quehabitualmente no están diseñadas para manejar corriente, pero que pueden quedar en tensiónpor algún defecto o deterioro.

Alta Tensión	**Baja Tensión**
-Se considera instalación de alta tensión eléctricaaquella que genere, transporte, transforme,distribuya o utilice energía eléctrica con tensionessuperiores a los siguientes límites: *Corriente alterna: Superior a 1000 voltios. *Corriente continua: Superior a 1500 voltios. -Este tipo de tensión puede matar por destrucciónde órganos vitales o por asfixia. -Las líneas de alto voltaje que conducen electricidad para su casa también pueden causar choques eléctricos mortales. Normalmente, cada línea conduce por lo menos 7,200 voltios, más quesuficiente para causar la muerte o un daño muyserio. -La medición del alto voltaje se realiza mediantesondas o puntos de alto voltaje, lo que resultacostoso. -Este tipo de voltaje lo encontramos en un Televisor, en el magnetrón	-Según el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, se considera instalación de baja tensióneléctrica aquella que distribuya o genere energíaeléctrica para consumo propio y a las receptoras enlos siguientes límites de tensiones nominales: *Corriente alterna: igual o inferior a 1000 voltios. *Corriente continua: igual o inferior a 1500 voltios -Este tipo de voltaje puede ocasionar la muerte porfibrilación cardiaca. -La baja tensión se utiliza para el uso doméstico,riego agrícola, alumbrado público, bombeo deaguas potables, etc. -La medición de este voltaje suele realizarse mediante un voltímetro. -A pesar que este tipo de tensión resulta peligroso,no resulta necesario que la persona o los objetos semantengan a gran distancia, ya que no formacampos magnéticos como los que forma aquellos

(hornomicroondas), líneas de alto voltaje aéreas, etc. -Se debe mantener una distancia alrededor de unos 3.5 metros de la fuente de alto voltaje; tanto los objetoscomo a la misma persona. Trabajar solo si la fuenteesta desconectada.	dealta tensión.

*Se ha demostrado experimentalmente que es laintensidad que atraviesa el cuerpo humano y nola tensión la que puede ocasionar lesionesdebido al accidente eléctrico***.**

Corriente que atraviesa el cuerpo humano (mA)	EFECTOS
Hasta 1	Imperceptible para el hombre.
De 2 a 3	Sensación de hormigueo.
De 3 a 10	La corriente no es mortal. El sujeto logra normalmente desprenderse del contacto.
De 10 a 25	Contracción muscular, aumento de tensión sanguínea.
De 25 a 80	Posible perturbación en el ritmo cardiaco y respiratorio. Posibilidad de parálisis cardiaca y respiratoria.
De 80 mA a 3 Amp.	Corriente que atraviesa el cuerpo humano (mA) Perturbación del ritmo cardiaco. Posibilidad de parálisis cardiaca y respiratoria.
Mayor a 3 Amp.	Especialmente peligrosa. Puede ocasionar fibrilaciónventricular de consecuencias mortales en la mayoría de los casos, por lo general ocasiona la muerte.

Prólogo

El auge alcanzado por la electrónica en los últimos tiempos, logra despertar la curiosidad, especialmente de aquellos estudiantes creativos, que combinan la disciplina formativa con la manual. Esta actitud ha sido capitalizada por entidades que al enseñar la electrónica lo hacen de una manera mecánica, sin profundizar en los conceptos básicos y la medición de los parámetros físicos fundamentales de los dispositivos electrónicos.

Es nuestro propósito, llevar al estudiante a descubrir el mundo de la electrónica, apoyado en la medición y análisis del comportamiento de diversos parámetros.

Este texto, en cada guía de laboratorio propone unos *Objetivos* a alcanzar, describe brevemente los elementos que son materia de estudio en *Equipos y Materiales*, y sus características más relevantes son presentadas en la sección denominada *Fundamentos Teóricos*; los conceptos que allí se esbozan deben ser reforzados previamente con las lecturas adicionalesde la *Bibliografía Recomendada* y la solución de los problemas sugeridos.

La práctica a desarrollar se describe en la sección *Programa de Medición*. Inicialmentese previene al estudiante, para que evite cometer errores que redundarían en el deteriorodel equipo o de los elementos empleados en la experiencia, esto se hace en la sección*Precauciones*. Cuando es necesario se sugiere una *Identificación del Equipo*, en ellase toma nota de sus características metrológicas más importantes, como son su rangode

medida, resolución, valores máximos tolerados, etc. La práctica propiamente dicha seinicia con el *Montaje Experimental y Mediciones*, en ella se realizan las mediciones pertinentes e inmediatamente se formulan preguntas, que junto al análisis estadístico de los datos y sus respectivas gráficas, conducen a la formación de los conceptos que son materiade estudio.

SIMBOLOS MAS UTILIZADOS EN ELECTRONICA BASICA

Amperímetro

Amplificador Operacional

Bateria

Bombilla

Cable Conductor

Condensador
(Capacitor o capacitancia)

Condensador Variable

Condensador electrolítico

Diodo

Diodo emisor de luz
(LED)

Diodo Zener

Fototransistor

Fuente de corriente alterna

Fusible

Inductancia

Interruptor

Motor

Interruptor

Parlante

Pila

Potenciómetro

Resistencia

Resistencia Variable

Tiristor SCR

Transformador

Transistor NPN

Transistor PNP

Triac

Voltímetro

Zumbador

Práctica 1

Fuentes de voltaje DC y Equipos de medición

1.1. Objetivos

- Familiarizar al estudiante con el empleo de fuentes de voltaje DC, e instrumentos de medición como el voltímetro y amperímetro.
- Desarrollar habilidades en el montaje de circuitos.
- Adquirir destrezas en el uso y técnicas de medición a emplear con cada instrumento y variable de medición.

1.2. Equipos y Materiales

- Fuente de voltaje DC
- Voltímetro
- Amperímetro
- Multímetro análogo
- Resistencia variable
- Juego de resistencias

1.2.1. Descripción de los Equipos y Materiales

1.2.1.1. Resistencia: Elemento que se opone al paso de la carga eléctrica en un circuito, su función principal es la de controlar o limitar el paso de la corriente y distribuir la tensión adecuada en cada punto del circuito. Las resistencias están construidas de grafito, de película metálica o de alambre, se dividen en resistencias fijas y variables. Su unidad de medida es el ohmio (Ω). En los anexos que se encuentran al final encontraras una tabla que muestra el código de colores de las resistencias de carbón.

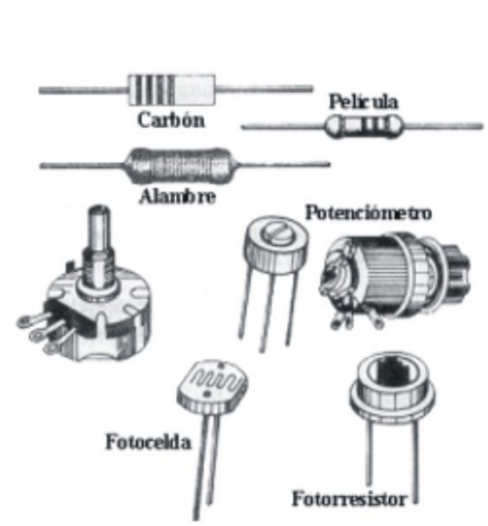


Figura 1.1: Resistencias fijas y variables

1.2.1.2. Fuentes de voltaje DC: Son fuentes que generan voltajes constantes, es decir, invariantes en el tiempo, también son conocidas como fuentes de corriente continua. Algunas fuentes de voltaje DC permiten ajustar su voltaje de salida, a estas, se les conoce como fuentes de voltaje DC variables.

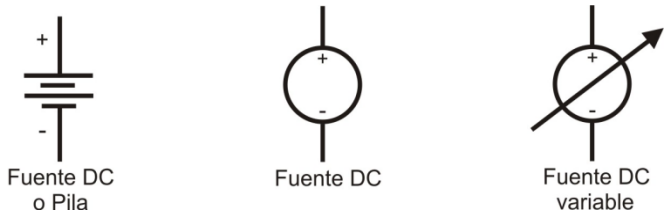


Figura 1.2: Fuentes de corriente continúa

1.2.1.3. Voltímetro: Equipo que sirve para medir la diferencia de potencial entre dos puntos cualesquiera de un circuito. El voltímetro ideal tiene una resistencia muy alta. Para medir el voltaje, se colocan las puntas de prueba (+) y (-) en los puntos en los cuales se desea medir la diferencia de potencial, se dice que el voltímetro se conecta en paralelo con los terminales del elemento al que se le desea medir la diferencia de potencial.

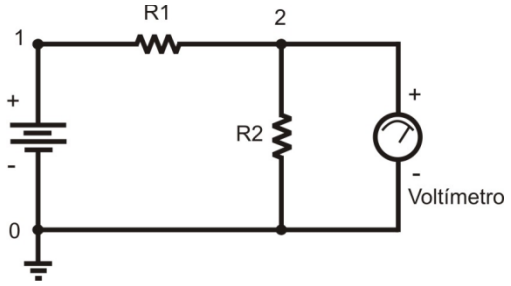


Figura 1.3: Voltímetro sensando el voltaje de R2 o diferencia de potencial entre nodos 2 y 0. Obsérvese que la punta (+) va al nodo 2 y la (-) al nodo cero.

1.2.1.4. Amperímetro: Instrumento ideado para medir la corriente eléctrica que fluye por alguna rama de un circuito. Por su diseño, esta debe circular por el instrumento, lo que significa que el amperímetro se conecta en serie con el dispositivo que se le quiere medir el flujo de corriente. El amperímetro ideal es aquel que tiene una resistencia interna muy pequeña, razón por la cual es muy sensible y se quema fácilmente. La medición se hace

abriendo el circuito en el punto deseado y conectando en él los terminales polarizados y distinguidos con colores rojo (+) y negro (-).

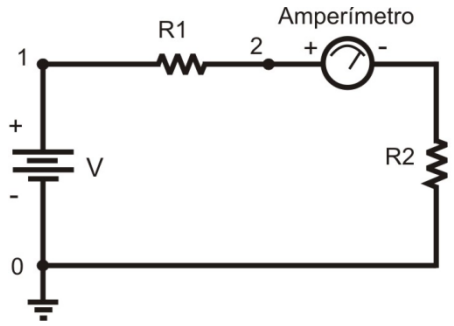


Figura 1.4: Amperímetro sensando la corriente que del nodo 2 va a R2. Observe que la corriente entra al medidor por el terminal (+) y sale por el (-).

1.2.1.5. Multímetro análogo (tester): Instrumento compuesto por un voltímetro DC y AC, amperímetro DC y AC, y medidor de resistencias (ohmímetro). En él debe seleccionarse el tipo de variable a medir, al igual que la escala apropiada, con una perilla o selector. Sus terminales están identificados como +VΩA (rojo) y COM (negro). Rangos de corrientes y voltajes muy altos tienen conectores independientes.

1.3. Fundamentos Teóricos

Cuando en un cuerpo existe un flujo de cargas eléctricas en una dirección definida, decimos que existe a través de una sección del material una corriente eléctrica I, esta nos cuantifica la cantidad de carga que atraviesa la sección por unidad de tiempo I (Amperios) $= dq/dt$(Coulombios/segundo).

Para que se establezca una corriente I, debe existir una diferencia de potencial V(Voltios) entre dos puntos del elemento. A su vez, el material se opone al movimiento de la carga,

presentando una resistencia R(ohmios). Cuando la resistencia no se afecta por el paso de la corriente o por el voltaje, decimos que el material es óhmico, satisfaciéndose la relación V=RI, la mayoría de los materiales satisfacen esta relación en ciertos rangos de trabajo.

1.3.1. Bibliografía Recomendada

Nilsson, James W. Circuitos Eléctricos. 4ª edición. Addison Wesley Iberoamericana. Pág.10,...,14, 27,..., 38, 48. Ejercicios 1,7, 1,8 y 2,7.

1.4.Programa de medición

1.4.1. Precauciones

Para el empleo correcto de los instrumentos de medición en electricidad, se deben tener en cuenta las siguientes precauciones:

- Las etiquetas impresas en la escala y perillas de selección, corresponden al máximo valor permitido en la escala seleccionada. Una medición del rango mayor al escogido causa una brusca deformación de la aguja y puede provocarle torsión o dislocamiento y en casos extremos el daño irreparable del equipo.
- Antes de realizar cualquier medición, asegúrese de haber seleccionado la escala adecuadapara el rango que espera. Si Usted no conoce el rango, inicie la medida en laescala más alta.
- Nunca toque las puntas de prueba por su terminal metálico, manipúlelas desde suparte aislada.
- No mida resistencias cuando estén conectadas a un circuito. Nunca mida resistenciasconectadas a una fuente de voltaje.

- Si va a medir corriente, verifique que el instrumento esté conectado en serie en elcircuito, por descuido lo puede averiar.

1.4.2. Identificación del equipo

a. En el equipo de prueba Usted encuentra diversos instrumentos y elementos eléctricos. Ubique en él los voltímetros y amperímetros de corriente continua existentes y registre la información que se pide en la tabla. Asuma que por cada escala se tiene un instrumento diferente con el mismo nombre

EQUIPO	UNIDAD	RANGO	MÍNIMA DIVISION. DE ESCALA

Tabla 1.1

¿Cuáles son los valores máximos y mínimos de voltaje y corriente que es posiblemedir con estos equipos? Tenga en cuenta la posibilidad de hacer subdivisiones a la mínima división de escala y estimar la fracción.

b. Identifique las fuentes de corriente continua existentes y regístrelas

FUENTE	RANGO	I máxima

Tabla 1.2

c. Complete la información referente a las resistencias tomándola de las etiquetas del respectivo módulo. Escriba las especificaciones de un solo juego de resistencias.

IDENTIFICACIÓN	UNIDAD	VALOR	PRECISIÓN	I Máxima

Tabla 1.3.

Empleando la relación $V_{max} = R \cdot I_{max}$ calcule el voltaje máximo permitido para cada resistencia. ¿Tiene inconvenientes con alguna de ellas?

1.4.3 Montaje Experimental y Mediciones

Monte el circuito mostrado en la figura 1.5 y configure la fuente variable para que suministre un voltaje superior a $100V$. Procure no emplear las resistencias de 1200Ω.

1.4.3.1 Medición de voltaje: Definamos el nodo 0 como el nivel de referencia o tierra del circuito.

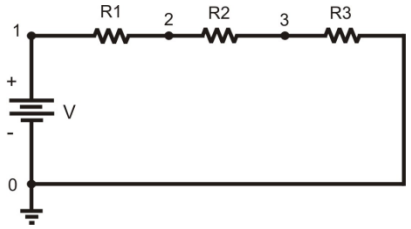


Figura 1.5: Circuito de tres resistencias en serie alimentado con una fuente DC variable

d. Mida los voltajes a los cuales se encuentran los puntos (nodos) 1, 2, 3 y 0. La punta negativa del voltímetro (-) debe ir al nodo de referencia (nodo cero) y la positiva (+) al nodo a evaluar.

NODO	V_1	V_2	V_3	V_0	Unidad
POTENCIAL					

Tabla 1.4.

e. Con los datos de la tabla anterior calcule las diferencias de potencial existentes entre los diferentes nodos.

NODOS	V_1-V_0	V_2-V_1	V_3-V_2	V_0-V_3	Unidad
ELEMENTO					
ΔVCalcul.					

Tabla 1.5.

f. Mida las diferencias de potencial (ΔV) existente entre: Los extremos de la fuente, resistencia 1 (R1), R2 y R3 (es decir, entre los nodos 1 y 0, 2 y 1, 3 y 2 y 0 y 3). **Si tiene inconvenientes de carácter técnico descríbalos y corrija reportando el dato en la tabla correctamente.**

ELEMENTO	FUENTE	R1	R2	R3	Unidad
ΔV medido					

Tabla 1.6.

¿Cuándo está midiendo potencial y cuándo diferencia de potencial? ¿Qué puede decirse de lo ocurrido con el potencial en los diferentes elementos, según lo observado en d, e y f?

g. Tome un voltaje de salida de la fuente diferente al anterior (aproximadamente igual al 80% 0 60% del inicial) y repita las mediciones sugeridas en f.

ELEMENTO	FUENTE	R1	R2	R3	Unidad
ΔV medido					

Tabla 1.7.

h. Conservando el valor del voltaje intercambie las puntas de la fuente y proceda como en el ítem f. Observe que el borne negativo de la fuente cambia al nodo 1.

ELEMENTO	**FUENTE**	**R1**	**R2**	**R3**	**Unidad**
ΔV medido					

Tabla 1.8.

¿Qué efecto tiene sobre las diferencias de potencial medidas en cada elemento, el haber cambiado la polaridad de la fuente?

Al sumar en la tabla 1.6 los valores (con su signo) de las columnas 2, 3, 4 y 5 ¿Qué valor encuentra? ¿Qué valores encuentra en las tablas 1.7 y 1.8? Cite alguna ley fundamental de los circuitos eléctricos que corrobore este resultado.

i. Conservando el valor del voltaje, abra el circuito en el nodo 3 (retire completamente el cable del circuito) y mida de nuevo las diferencias de potencial en cada elemento.

ELEMENTO	**FUENTE**	**R1**	**R2**	**R3**	**Unidad**
ΔV medido					

Tabla 1.9.

¿Qué nota de particular en las diferencias de potencial medidas al abrir el circuito?

1.4.3.2 Medición de corriente: Apague la fuente cada vez que vaya a modificar el circuito. Solo la debe prender cuando el profesor o instructor le autorice. ***El grupo de trabajo se responsabilizará por los instrumentos averiados***.

j. Mida la corriente que circula por los nodos 1, 2, 3 y 0, con el voltaje inicial (voltaje empleado en el ítem d).

FUENTE(V)	NODO	1	2	3	0	Unidad
	Corriente I					

Tabla 1.10.

¿Qué particularidad tienen los valores obtenidos? Cambie el valor de una de las resistencias del circuito y describa, sin tomar datos, los cambios observados.

k. Con el valor del voltaje de salida de la fuente, utilizado en el ítem g, haga una nueva medición de la corriente en cada nodo.

FUENTE(V)	NODO	1	2	3	0	Unidad
	Corriente I					

Tabla 1.11.

Compare la proporción en la que cambió el potencial de la fuente (V_I/V_F), con la del cambio en la corriente(I_I/I_F). ¿Qué relación hay entre estas variaciones?

l. Intercambie los conectores de la fuente y conservando el valor del voltaje, mida la corriente que circula por cada nodo.

NODO	1	2	3	0	Unidad
CORRIENTE					

Tabla 1.12.

¿Qué efecto tuvo el cambio en la fuente sobre la corriente medida en el circuito?

m. Mida la corriente que circula por cada nodo al abrir el circuito en el nodo 3 (retire completamente el cable del circuito).

NODO	1	2	3	0	Unidad
CORRIENTE					

Tabla 1.13.

¿Cómo justifica estos resultados?

1.5.Análisis de datos

1.5.1 Escriba las conclusiones obtenidas en cada ítem.

1.5.2 Deduzca cual es la dirección relativa de la corriente en la fuente y en las resistencias, exprese esta conclusión comparando los potenciales de cada extremo del elemento en cuestión y decidiendo si la dirección de la corriente es de menor potencial a mayor o de mayor a menor en cada caso.

Práctica 2

Fuentes de voltaje AC y Equipos de medición

2.1. Objetivos

- Identificar las características de los voltajes AC al igual que las respectivas fuentes, generadores de señal e instrumentos de medición como el multímetro y el osciloscopio.
- Desarrollar habilidades en el montaje de circuitos de corriente alterna.
- Adquirir destrezas en el uso y técnicas de medición a emplear con cada instrumento y variable de medición.

2.2.Equipos y Materiales

- Fuente de voltaje AC
- Generador de señales
- Multímetro digital
- Osciloscopio
- Resistencia variable
- Juego de resistencias

2.2.1. Descripción de los equipos y materiales

2.2.1.1 Fuentes de voltaje AC: Son fuentes que generan voltajes que cambian en el tiempo con periodicidad y amplitud del voltaje de salida definidas, también son conocidas como fuentes de corriente alterna. Las más comunes presentan una señal periódica cuyo voltaje cambia sinusoidalmente.

2.2.1.2 Multímetro digital (tester digital): Equipo que permite medir voltaje DC y AC, corriente DC y AC, resistencia, voltaje directo de un diodo, continuidad de circuitos, ganancia de corriente directa en transistores (h_{FE}), y otras variables, según su diseño. Sus terminales están identificados como +V-Ω-A (rojo) y COM (negro). Para la medición de corrientes altas, de 0,2 a 10 amperios AC y DC, se emplean conectores independientes.

2.2.1.3 Generadores de señales: Son fuentes de corriente alterna que generan señales periódicas de variadas formas, amplitudes y períodos. Los generadores más estándares poseen una perilla de selección de forma de la señal, un ajuste de la frecuencia de trabajo y el control de amplitud del voltaje pico a pico. Frecuentemente, se emplean cables blindados como conectores de salida.

La figura 2.1 muestra un esquema del generador Thandar TG 101 y algunas de sus perillas de control. En la tabla 2.1 se describen brevemente las funciones de cada perilla.

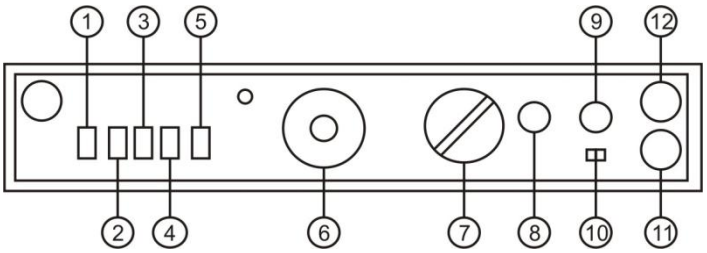


Figura 2.1: Generador de señales y sus perillas de control

ID.	DESCRIPCIÓN
1	Encendido/apagado
2	Conmutador que habilita una señal sinusoidal
3	Conmutador que habilita una señal rectangular
4	Conmutador que habilita una señal triangular
5	Conmutador que adiciona a las señales una componente DC hasta de ±5V
6	Ajuste fino de frecuencias
7	Selector de frecuencias
8	Control de la componente DC adicionada a la señal
9	Control de la amplitud de la señal
10	En la posición de –40dB atenúa la señal
11	Terminal con impedancia de salida de 600 Ω
12	Terminal para pulsos TTL. No se conecte a resistencias de carga inferiores a 600 Ω.

Tabla 2.1. Descripción de las perillas de control del generador de señales TG 101.

2.2.1.4 Osciloscopio: Instrumento que permite visualizar en una pantalla la evolución de una señal eléctrica con relación al tiempo, o con respecto a otra señal. En su pantalla se han trazado dos ejes coordenados con cuadrículas para facilitar las lecturas; el eje X se asocia al tiempo de evolución de la señal y el eje Y a su amplitud. La mayoría de los osciloscopios tienen dos canales que permiten visualizar sendas señales, una a la vez o las dos simultáneamente, cada canal tendrá su respectiva terminal.

La figura 2.2 muestra un esquema del osciloscopio Leader 8040 y algunas de sus perillas de control. En la tabla 2.2 se describen brevemente las funciones de cada perilla.

2.3.Fundamentos Teóricos

Las fuentes de corriente alterna presentan voltajes que varían periódicamente, con variaciones de diversas formas: sinusoidal, escalón, diente de sierra, pulsos, etc. La más común es la sinusoidal y matemáticamente se representa por la relación

$$v = V_m \cos(\omega t + \phi)$$

$V_m$indica la amplitud máxima del voltaje, la frecuencia angular ω, nos da información del período de la señal, pues $\omega = 2\pi/T$ siendo T el período de una función periódica y ϕ el ángulo de fase que determina el valor del argumento de la función sinusoidal en $t = 0$.

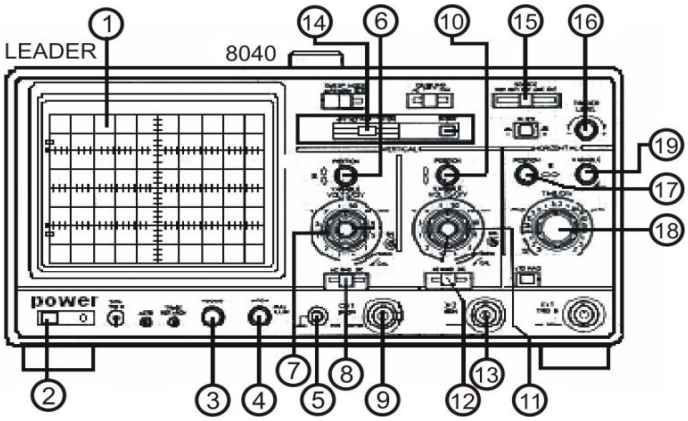


Figura 2.2: El osciloscopio y sus controles más importantes

USO			FUNCIÓN	DESCRIPCIÓN
GEN	CH1	CH2		
1			CRT	Tubo de rayos catódicos (Pantalla)
2			POWER	Encendido / apagado
3			INTEN	Ajuste de la intensidad de la línea del trazo
4			FOCUS	Ajuste de foco
5			GND	Tierra o referencia, para conectar a otros equipos
	6	10	·POSITION	Ajuste de la posición vertical de la señal

	7	11	VOLTS/DIV	Selección de la sensibilidad vertical
	8	12	AC-GND-DC	AC Elimina los componentes DC de la señal GND Aterriza la entrada del canal DC Deja intacta la componente DC
	9		CH1 OR Y IN	Conector del eje vertical para la señal de entrada. En el modo X-Y es la entrada del eje Y
		13	CH2 OR X IN	Conector del eje vertical para la señal de entrada. En el modo X-Y es la entrada del eje X
14			V MODE	CH1 Muestra el canal 1 ALT Muestra alternadamente el canal 1 y el 2 CHOP Muestra a intervalos el canal 1 y el 2 ADD Suma las señales de los dos canales CH2 Muestra el canal 2
15			SOURCE De señal de disparo de barrido	VERT Se toma del modo VMODE CH1 Se toma de la entrada del canal 1 CH2 Se toma de la entrada del canal 2 LINE Se toma de la señal de alimentación EXT Se toma de la señal puesta en EX. TRIG IN
16			TRIGGER LEVEL	Determina en que punto de la señal de disparo se inicia el barrido
17			↔POSITION	Ajusta la posición horizontal de la señal mostrada
18			TIME/DIV	Selecciona el tiempo de barrido
19			VARIABLE	Ajuste continuo del tiempo de barrido

Tabla 2.2. Descripción de las perillas de control del osciloscopio Leader 8040.

Cuando sensamos el voltaje de este tipo de señales, con un voltímetro AC, o con un multímetro en el modo AC, este nos reporta el valor eficaz del voltaje, definido como la raíz cuadrada del valor medio del cuadrado de la función, igual a

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T V_m^2 cos^2(\omega t + \phi)dt}$$

Al resolver encontramos que el valor eficaz para esta señal es$V_{rms} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$.

2.3.1. Bibliografía Recomendada

Nilsson, James W. Circuitos Eléctricos. 4ª edición. Addison Wesley Iberoamericana. Pág. 393, ..., 399. Ejercicios 10.1 a…g, 10.2 y 10.8.

Cathey, Jimmie J. Dispositivos electrónicos y circuitos. McGraw Hill.Pag.8, 9 y 10.Problemas 1.16 pág. 19, para las funciones

$$V_1(t) = \begin{cases} 0 & 0 < t \leq 1ms \\ 5 & 1 < t \leq 2ms \end{cases} V_2(t) = \begin{cases} -2{,}5 & 0 < t \leq 1ms \\ 2{,}5 & 1 < t \leq 2ms \end{cases}$$

2.4.Programa de Medición

2.4.1. Identificación del equipo

2.4.1.1 Multímetro digital: Se hará énfasis solamente en la medición de voltaje AC, corriente AC y resistencia eléctrica.

a. Al completar la siguiente tabla asuma que cada escala es un equipo diferente, acorde con su función.

PARÁMETRO A MEDIR	ESCALA	UNIDAD	RANGO	MIN DIV. DE ESC.
Voltaje AC	Mayor			
Voltaje AC	Menor			
Corriente AC	Mayor			
Corriente AC	Menor			
Resistencia	Mayor			
Resistencia	Menor			

Tabla 2.3.

d. Con la información de la tabla 2.3 especifique en la tabla 2.4, los valores máximos y mínimos distinguibles de cada parámetro, que es posible medir con este instrumento.

PARÁMETRO	MÁXIMO	UNIDAD	MÍNIMO	UNIDAD
Voltaje AC				
Corriente AC				
Resistencia				

Tabla 2.4.

2.4.1.2 Osciloscopio: Identifique cada una de las perillas listadas en el numeral 2.1.4, y llene las tablas con la información pertinente:

ESCALA	UNIDAD	RANGO	MIN. DIV. DE ESCALA
Mayor			
Menor			

Tabla 2.5: Selector de voltaje

e. ¿Cuáles son los valores de voltajes máximos y mínimos distinguibles que se pueden leer en el osciloscopio?

ESCALA	UNIDAD	RANGO	MIN. DIV. DE ESCALA
Mayor			
Menor			

Tabla 2.6: Selector de período

f. ¿Cuáles son los valores de períodos máximos y mínimos distinguibles que se pueden evaluar en el osciloscopio? Si desea observar una señal de la forma $v = 0{,}08\cos(1257t)$voltios, ¿Qué escalas de voltaje y período selecciona?

2.4.1.3 Generador de señales: Identifique cada una de las perillas del equipo listadas en el numeral 2.1.3 y complemente la información requerida.

e. Las señales generadas son de forma: _____, _____ y _____.

f. Identifique los posibles rangos de generación de frecuencias:

ESCALA	UNIDAD	RANGO	MIN. DIV. DE ESCALA
Mayor			
Menor			

Tabla 2.7: Selector de frecuencias

¿Cuáles son las frecuencias máximas y mínimas que se pueden generar?

g. Comparando las tablas 2.6 y 2.7 deduzca si el osciloscopio puede seguir todas las señales producidas con el generador.

h. Mida directamente con el multímetro el voltaje de salida del generador, con la perilla de ganancia de voltaje en máximo y el generador de componente DC activado/desactivado.

COMP. DC	V_{DC}	Unidad	V_{AC}	Unidad
Activado				
Desactivado				

Tabla 2.8: Voltaje máximo de salida

Evaluando componentes AC, DC, forma y periodicidades, diga qué características tienen las señales que se pueden producir?

2.4.2. Montaje Experimental

Monte el siguiente circuito con la fuente AC:

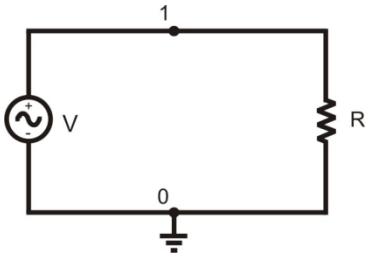


Figura 2.3: Circuito compuesto de una resistencia y una fuente de voltaje alterno

2.4.2.1 Preparación del osciloscopio: Realice en orden las instrucciones dadas a continuación:

- Conecte la punta de prueba o terminal en el canal A.
- Verifique que el canal esté seleccionado correctamente.
- Lleve el selector de tipo de señal a GND.
- Mueva el selector de voltajes del canal A hasta la escala de menor sensibilidad.
- Escoja la escala de mayor período de barrido de la pantalla.
- Mueva las perillas de desplazamiento del trazo *X* y *Y* hasta ver en la pantalla un punto que se desplaza de izquierda a derecha, sobre el eje del tiempo.

2.4.2.2 Visualización y estudio de la señal: Para ver la señal en la pantalla proceda de la siguiente manera:

- Conecte la referencia del osciloscopio o tierra en el nodo cero del circuito y la terminal positiva en el nodo 1.
- Mueva el selector de tipo de señal a DC.
- Gire el selector de voltajes hasta una escala en la que observe en la pantalla una franja luminosa que cubre un poco más de la mitad de ella.
- Vaya disminuyendo los períodos de barrido de la pantalla, hasta que observe una señal de un trazo bien definido.
- Si el trazo permanece en constante movimiento, mueva el selector de sincronización a canal A (o línea) y gire a la izquierda y/o derecha el botón de ajuste de sincronización hasta lograr que la señal se inmovilice.

i. Dibuje en el cuadro que le representa la pantalla, la señal, tal como la observa en el osciloscopio. Incluya las respectivas escalas.

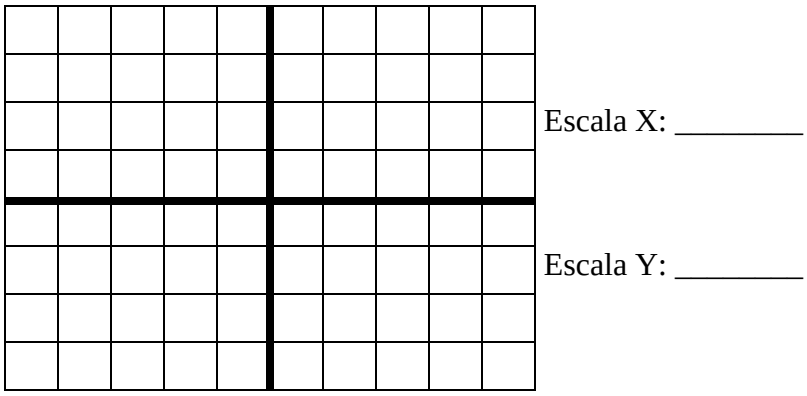


Figura 2.4. Representación de la pantalla del osciloscopio

j. Mida los voltajes máximo, mínimo, pico a pico y el tiempo transcurrido entre dos máximos (período de la señal)

VOLTAJES			PERÍODO T
Máximo	**Mínimo**	**Pico a pico**	

Tabla 2.9

Escriba una función que represente la señal observada.

2.4.2.3 Medición con el multímetro digital: Proceda a medir los voltajes AC y DC, existente entre los nodos 1 y 0 del circuito, de la siguiente manera:

- Seleccione la escala de menor sensibilidad de voltaje del multímetro.
- Mueva el selector de señales a AC o DC según el tipo de lectura deseada.
- Con el multímetro encendido conecte los terminales en los respectivos nodos.
- Lea el valor desplegado en la pantalla. Si es necesario mejore la sensibilidad del instrumento.

k. Reporte el dato, incluyendo su unidad.

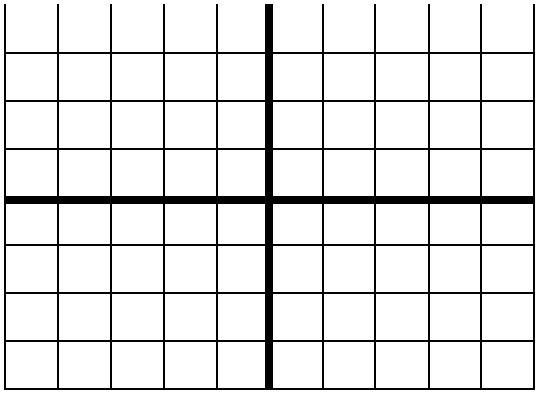
Voltaje AC: _____ ___ Voltaje DC: _____ ___

¿Qué relación existe entre estos voltajes y los consignados en la tabla 2.9?

2.4.2.4 Empleo del generador de señales: Retire del circuito la fuente AC, reemplácela por el generador de señales y proceda en el orden indicado.

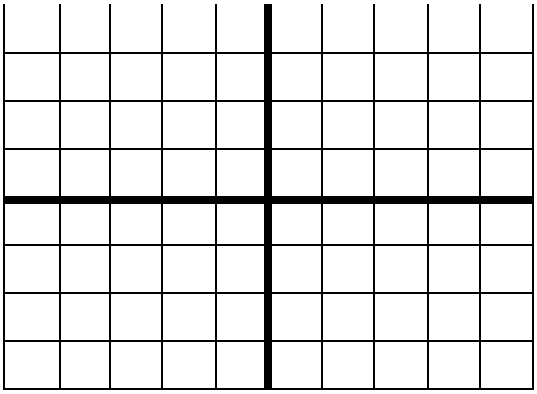
l. Escoja una frecuencia intermedia, con el máximo de voltaje de salida y la componente DC activada, observe en el osciloscopio cada una de las formas de señal posibles. El selector de tipo de señal debe permanecer en DC.

Señal 1:



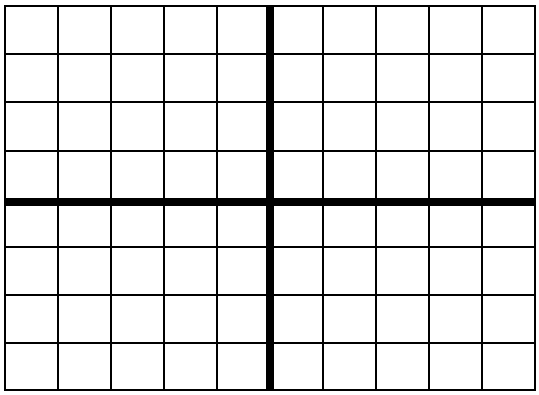
Escala X: Escala Y:

Señal 2:



Escala X: Escala Y:

Señal 3:



Escala X:

Escala Y:

Figura 2.5. Representación de las 3 señales que se obtienen con el generador.

m. Mida con el respectivo instrumento los parámetros exigidos en las tablas 2.10, 2.11 y 2.12.

	OSCILOSCOPIO		MULTIMETRO	
Señal	**V_{P-P}**	**Unidad**	**V_{AC}**	**Unidad**
1				
2				
3				

Tabla 2.10.

¿Satisfacen los valores de V_{P-P} y V_{AC} las relaciones teóricas?

	OSCILOSCOPIO				MULTÍMETRO	
Señal	**$V_{máximo}$**	**Unidad**	**$V_{mínimo}$**	**Unidad**	**V_{DC}**	**Unidad**
1						
2						
3						

Tabla 2.11.

¿Satisfacen los valores de $V_{máximo}$, $V_{mínimo}$ y V_{DC} las relaciones teóricas?

	OSCILOSCOPIO		GENERADOR	
Señal	**Período**	**Unidad**	**Frecuencia**	**Unidad**
1				
2				
3				

Tabla 2.12.

¿Qué relación deben cumplir estos parámetros? ¿Las mediciones están acordes con la teoría?

2.5.Análisis de datos

Escriba las conclusiones obtenidas en cada ítem.

¿Es posible medir la corriente eléctrica en el osciloscopio? Comente sus inquietudes.

Práctica 3

Comprobación de la Ley de Ohm

3.1.Objetivos

- Investigar el comportamiento y relación existente entre las variables I, V y R, presentes en todo circuito eléctrico.
- Adquirir habilidad y destreza en el manejo del multímetro, usándolo como ohmímetro, voltímetro y amperímetro.
- Determinar el valor de las resistencias eléctricas empleando la Ley de Ohm.
- Formular la Ley de Ohm a partir de datos experimentales.

3.2.Equipos y Materiales

- Fuente DC variable
- Amperímetro
- Voltímetro
- Bombillo de automóvil o de linterna
- Diodo 1N4004
- Resistencia variable

- Juego de resistencias

3.2.1. Descripción de los equipos y materiales

En este circuito eléctrico se requiere de una fuente para sumnistrar energía a un elemento de carácter resistivo, en nuestro caso lo representaremos por una R. Su función es la de transformar la energía eléctrica en calórica, lumínica, etc., o modificar la señal para facilitar su uso, en otras palabras, estos elementos realizan el trabajo de transformar la energía eléctrica.

Precaución: ¡Riesgo de descarga eléctrica!

3.3. Fundamento Teóricos

3.3.1 Resistencia Eléctrica

Cuando un conductor está en presencia de un campo eléctrico, sus cargas eléctricas ligeramente ligadas al átomo tienden a fluir con un movimiento acelerado. Este se retarda por los constantes choques con los núcleos atómicos, teniéndose un movimiento a velocidad promedio constante (~10^{-4} m.s^{-1}). La cantidad promedio de choques es una magnitud que depende del tamaño y cantidad de átomos por unidad de volumen del material. La medida del grado de dificultad con que la carga eléctrica fluye a través de él es la resistencia eléctrica.

La resistencia de un cuerpo depende de su geometría (longitud [L] y sección transversal [A]) y de la resistividad del material ρ, y se expresa con la relación $R = \frac{\rho L}{A}$. Además de esta relación, la resistividad es una función de la temperatura T, en algunos materiales se

observa que ρ es proporcional a T, $\rho = \rho_0(1 + 2\alpha\Delta T)$,esto puede entenderse porque a mayor temperatura el flujo de la carga se ve enfrentado a una mayor dificultad para fluir dado que la energía de la estructura molecular del material se incrementa y, con ello, las posibilidades de choques con los núcleos atómicos.

Los materiales que tienen una relación lineal de corriente-voltaje en grandes intervalos de voltaje se les conoce como materiales óhmicos o lineales. Para estos materiales, a una temperatura dada, ρes constante y no depende del valor del campo eléctrico E**.**

Los materiales no óhmicos presentan diversas relaciones entre voltaje y resistencia, algunas de ellas bastante complejas.

3.3.2 Potencia y Energía: Un concepto importante es la potencia eléctrica, definida como la tasa a la que se realiza trabajo eléctrico$(P = W/t)$o se disipa energía en el circuito, tiene como unidad el Watt [W]. Matemáticamente se demuestra que la potencia es igual a $P = VI$ y en materiales óhmicos, la energía disipada es $P = I^2R = \frac{V^2}{R}$.

Es importante hacer cálculos previos al montaje, de la potencia disipada en cada uno de sus elementos, puestos que los dispositivos prácticos tienen limitaciones de potencia máxima y exceder estos valores conlleva a su deterioro.

3.3.3 Bibliografía Recomendada

Nilsson, James W. Circuitos Eléctricos. 4ª edición. Addison Wesley Iberoamericana. Pág. 14, 15, 16, 31, 32, 33, 34 y 50. Ejercicios 1.10, 2.1 y 2.3.

3.4. Programa de Medición

3.4.1 Montaje experimental y mediciones

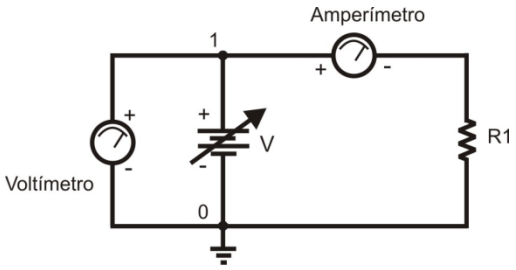


Figura 3.1: Circuito básico para la evaluación de la ley de ohm

a. Realice el montaje indicado en la figura 3.1, con R1=300Ω y varíe el voltaje como se indica en la tabla de datos 3.1. Mida en cada caso la corriente que circula a través de la resistencia.

VOLTAJE	Unidad	CORRIENTE	Unidad
0			
10			
20			
30			
40			
50			
60			
70			
80			
90			
100			

Tabla 3.1

Complete la tabla 3.1 y haga un gráfico de I vs. V con los datos de las tablas. ¿Es la corriente del circuito, directamente proporcional al voltaje?

Escriba una función que describa la dependencia de I con V.

b. Invierta la polaridad de la fuente y llene la tabla 3.2. Si tiene inconvenientes de carácter técnico en la medición de V e I, haga las modificaciones pertinentes y tenga presente esta información en los resultados de las mediciones.

VOLTAJE	Unidad	CORRIENTE	Unidad
0			
-50			
-100			

Tabla 3.2

¿La dirección de la corriente depende de la polarización de la fuente?

c. Reemplace la resistencia por el bombillo y complete la tabla de datos 3.3.

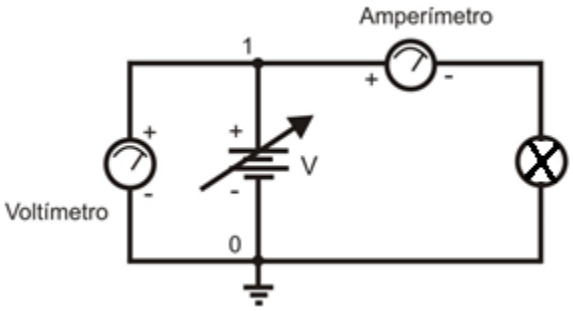


Figura 3.2: Circuito no lineal. En él la resistencia es afectada fuertemente por la temperatura

VOLTAJE	Unidad	CORRIENTE	Unidad
0			
25			
50			
75			
100			
-25			
-50			
-75			
-100			

Tabla 3.3

¿La corriente del circuito cambia linealmente con el voltaje? ¿Se podrá definir una constante de proporcionalidad? Del gráfico de I vs. V deduzca sus respuestas.

d. Retire el bombillo del circuito y reemplácelo por un diodo y una resistencia de 600 Ω, conectados en serie, como se observa en la figura 3.3. Haga las mediciones necesarias para completar la tabla 3.4.

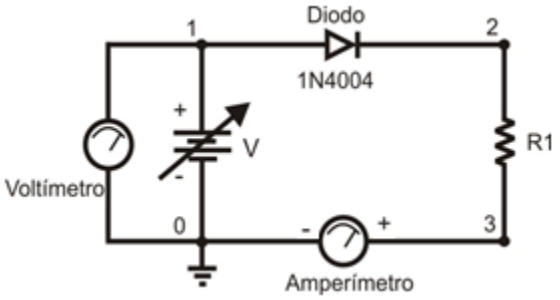


Figura 3.3: Circuito en el que se implementa un diodo, elemento caracterizado por ser no lineal

V_1	Unidad	$V_D=V_2-V_1$	Unidad	Corriente	Unidad
0					
25					
50					
75					
100					
-25					
-50					
-75					
-100					

Tabla 3.4

¿Depende la corriente del circuito de la polaridad de la fuente? Deduzca una función que exprese I en función de V. ¿Qué magnitud tendría la corriente si la resistencia fuera de 300Ω? ¿Y si es cero? Haga el gráfico de I_D vs. V_D y exprese sus conclusiones.

e. Reemplace la fuente variable por la fuente de 120 V y haga las conexiones que se muestran en la figura 3.4, proceda a cerrar el interruptor de las resistencias que se especifican en la columna 1 de la tabla 3.5 y en cada caso mida la corriente del circuito.

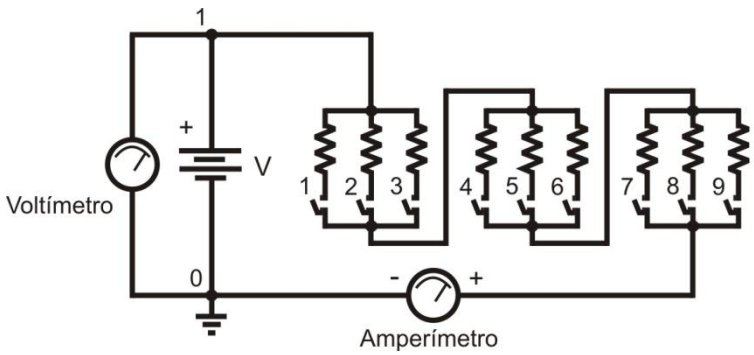


Figura 3.4: Circuito de evaluación de la ley de ohm con combinación de resistencias en serie y paralelo

RESISTENCIAS CONECTADAS	RESISTENCIA EQUIV. (Ω)	CORRIENTE(*m*A)	RELACIÓN V/I
1,2,3,4,5,6,7,8,9			
1,4,5,6,7			
1,4,7			
1,4			
1,5,8			
2,5,8			
1,2,4,5,7,8			

Tabla 3.5

¿Son la resistencia y la corriente eléctrica variables mutuamente proporcionales? A partir de lo observado en el gráfico de I vs. R, defina una nueva variable Z, función de $R\big(Z = f(R)\big)$, tal que I sea directamente proporcional a ella. ¿Qué relación existe entre la constante de proporcionalidad y el voltaje?

¿Aumenta la resistencia equivalente de un circuito al conectar las resistencias en serie?

¿Aumenta al conectarlas en paralelo? Muestre que las conexiones en serie y paralelo satisfacen las relaciones teóricas.

3.5.Análisis de datos

3.5.1 Escriba las conclusiones obtenidas en cada ítem.

3.5.2 Calcule el error experimental existente en la medición de R en el ítem a.

Práctica 4

Medición de la Capacitancia de un Condensador Evaluando el Factor RC del Circuito

4.1.Objetivo

- Familiarizar a los estudiantes en el uso y medición de capacitancia.
- Desarrollar habilidades para la medición de voltajes con variaciones lentas en el tiempo.
- Adquirir destrezas en los montajes de circuitos.

4.2.Equipos y Materiales

- Fuente de voltaje DC
- Voltímetro
- Juego de resistencias
- Cronómetro
- Voltímetro
- Juego de resistencias
- Cronómetro

Precaución: Riesgo de descarga eléctrica

4.2.1. Descripción de los Equipos y Materiales

4.2.1.1 El capacitor: Elemento conformado por dos conductores, separados por un medio aislante, que acumula cargas eléctricas de signos opuestos. La función principal de un capacitor es la de almacenar energía en forma temporal, para luego devolverla al circuito. Cada tipo de capacitor tiene su aplicación especial, dependiendo del voltaje, la frecuencia y el tipo de señal a manejar, por ejemplo, los capacitores variables se utilizan en los circuitos de sintonía de las emisoras de los radios, loscapacitorescerámicos sirven para acoplar dos etapas o bloques y los electrolíticos se implementan en las fuentes de alimentación. La unidad de medida de la capacidad, llamada capacitancia [C], es el Faradio, y por ser esta una cantidad muy grande, los capacitores prácticos se diseñan para valores del orden de los microfaradios (μF) o picofaradios (*p*F).

Figura 4.1: Capacitores comerciales fijos y variables

4.3.Fundamentos Teóricos

La diferencia de potencial existente entre los extremos de un condensador es proporcional a la carga eléctrica almacenada en él, con C^{-1} como constante de proporcionalidad. C

representa el valor de la capacitancia. Un circuito con capacitores y resistencias requiere de un lapso de tiempo para cargarse o descargarse completamente, durante este proceso no existe una transferencia de carga entre las placas de la capacitancia, por tanto la corriente a través de ella es cero, mas sin embargo, por los conectores circulan cargas eléctricas hacia las placas, dando lugar a una corriente neta, conocida como corriente de desplazamiento, su magnitud es máxima inicialmente y se hace cero en tiempos prolongados.

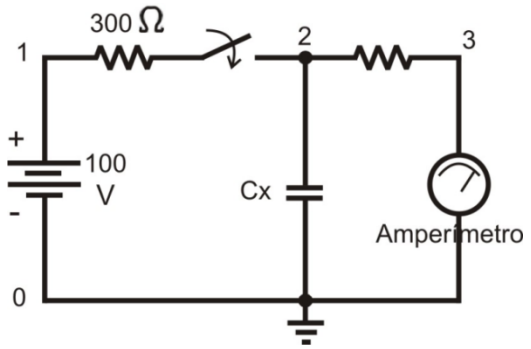


Figura 4.2: Al cerrar el interruptor el capacitor se carga. Al abrirlo el capacitor se descarga através del lazo 2-3-0

Consideremos el circuito de la figura 4.2, en él, a tiempo cero, la diferencia de potencial en el capacitor es igual a la de la fuente, su carga es máxima. Al abrir el interruptor, se inicia la descarga a través del medidor, caracterizado por tener una impedancia de entrada R_A baja. Evaluando el lazo 0, 2, 3, 0, se obtiene la ecuación diferencial:

$$\frac{q}{C} - (R + R_A)I = 0, \qquad con \qquad I = -\frac{dq}{dt}$$

Las soluciones a esta ecuación son funciones de la forma $I = \frac{V_0}{R_e} e^{-\frac{t}{R_e C}}$ donde $R_e = R + R_A \approx R$ y V_0 el potencial inicial del capacitor. El factor RC es conocido como τ, o, tiempo

de relajación del circuito, equivalente al tiempo necesario para que la señal se reduzca al 36,8% del valor inicial.

4.3.1. Bibliografía Recomendada

Nilsson, James W. Circuitos Eléctricos. 4ª edición. Addison Wesley Iberoamericana. Pág. 249,…, 254. Ejercicio 7.2 con $V(t) = 0$ para $t < 0$ y $V(t) = 100e^{-20000t}$ Voltios para $t > 0$.

4.4.Programa de Medición

4.4.1 Precauciones

Evite conectar el capacitor a la fuente cuando se estásuministrando entregando un potencial alto, pues las descargas fuertes deterioran la fuente, los capacitores y conectores.

4.4.2. Identificación del Equipo

a. Complete la información referente a las capacitancias tomándola de las etiquetas del respectivo módulo

IDENTIFICACIÓN	UNIDAD	VALOR	PRECISIÓN	V máximo

Tabla 4.1

4.4.3. Montaje experimental y mediciones

4.4.3.1 Cálculo del factor RC del circuito: Monte el circuito mostrado en la figura 4.2.

b. Mida el tiempo requerido para que la corriente decrezca hasta los valores especificados al aislar el circuito de la fuente. A $t = 0$ se abre el interruptor. En ese instante la corriente tiene el valor máximo, **este valor es el punto de partida para todas las mediciones**.

I_0	I_1=0,8 I_0	I_2=0,7 I_0	I_3=0,6 I_0	I_4=0,4 I_0	I_5=0,2 I_0	***Unidad***

t_0	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	***Unidad***
0						
0						
0						

$\overline{t_0}$	$\overline{t_1}$	$\overline{t_2}$	$\overline{t_3}$	$\overline{t_4}$	$\overline{t_5}$	***Unidad***

Tabla 4.2

¿Cómo es la carga del capacitor a $t = 0$? ¿Cuánto es su valor? ¿Cómo es el cambio de la corriente en el tiempo? ¿Cómo es la corriente para tiempos grandes$(t \to \infty)$? Haga un gráfico de I vs. t. ¿Qué función nos representa este comportamiento? Apoyado en el gráfico, estime el tiempo (τ)para el cual la corriente es igual a 0,368 I_0.

c. Linealice la gráfica y deduzca de ella el factor RC del circuito, conocido como tiempo de relajación (τ). ¿Qué esperaría Ud. del sistema si R aumenta? ¿Qué esperaría Ud. del sistema si C aumenta? Observe que en el sistema, las capacitancias tienen conectadas una resistencia. ¿Está en serie o en paralelo con el capacitor? ¿Cuál es su valor? ¿Cómo afecta esto el tiempo de relajación?

d. Conecte las capacitancias 3, 6 y 9 en paralelo y mida el tiempo requerido para que la corriente sea $I = 0{,}368\ I_0$. ¿Qué cambio se observa en el tiempo de relajación? ¿Qué le ha ocurrido a la capacitancia? ¿Cómo es comparada con la inicial?

e. Conecte las capacitancias 3, 6 y 9 en serie y mida el tiempo requerido para que la corriente sea $I = 0{,}368\ I_0$. ¿Qué cambio se observa ahora en el tiempo de relajación? ¿Qué le ha ocurrido a la capacitancia? ¿Cómo es comparada con la inicial?

4.5.Análisis de Datos

4.5.1 Escriba las conclusiones obtenidas en cada ítem.

4.5.2 Calcule el error experimental existente en el cálculo de la capacitancia en el ítem c, al igual que el porcentaje de error del experimento.

Práctica 5

Empleo de los Diodos como Recti- ficadores de Corriente

5.1.Objetivo

- Implementar circuitos rectificadores mediante el empleo de elementos no lineales como los diodos.
- Identificar los cambios en las señales de voltaje y de corriente en los circuitos cuando se le incorporan diodos.
- Adquirir destrezas en el diseño de fuentes DC alimentadas con señales AC.

5.2.Equipos y Materiales

- Fuente de voltaje AC
- Voltímetro
- Osciloscopio
- Diodos ECG109 o ECG116 o ECG519.
- Resistencias

5.2.1. Descripción de los equipos y materiales

5.2.1.1 El diodo: Elemento caracterizado por no ser lineal en la relación tensión corriente. En él, cuando la tensión de alimentación V_i es positiva, la corriente I_D es positiva, comportándose idealmente como un corto circuito $(V_D = 0)$, mientras que cuando V_i es negativa, I_D es cero, en este caso el diodo es un circuito abierto $(V_D = V_i)$. Se puede considerar al diodo ideal como un interruptor controlado por la polaridad de la tensión de alimentación. El interruptor está cerrado para tensiones positivas y abierto para tensiones negativas.

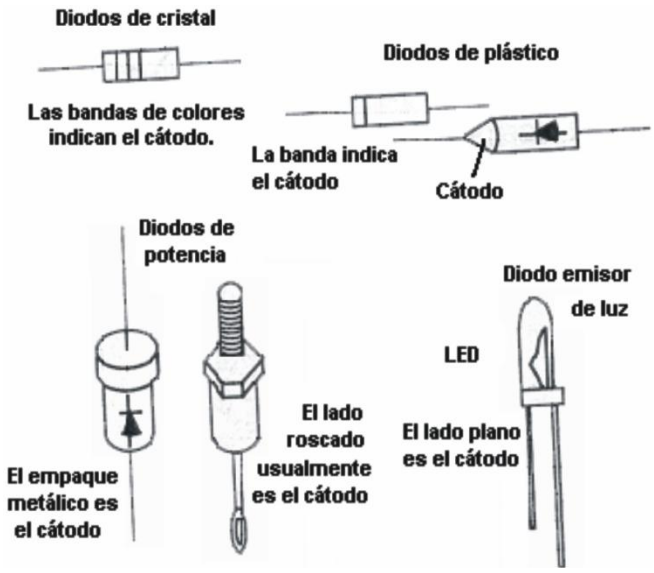


Figura 5.1: Tipos de empaquetaduras de los diodos

5.3.Fundamentos Teóricos

Una de las principales aplicaciones de los diodos es la rectificación de señales de corriente alterna, proceso mediante el cual se obtiene una tensión continua. La implementación más sencilla es conocida como rectificador de media onda, el cual consiste en adicionar un diodo a la salida de una fuente oscilante de la forma$V_i = V_1 \cos \omega_1 t + V_2 \cos \omega_2 t + \cdots +$

$V_n \cos \omega_n t$, para alimentar un circuito de carga R_L. La corriente a través de la resistencia toma la forma:

$$I_L = \begin{cases} \dfrac{V_i}{R_L} & Cuando\ V_i > 0 \\ 0 & Cuando\ V_i < 0 \end{cases}$$

Matemáticamente se puede constatar que si la señal de la fuente es perfectamente cosinusoidal, el valor eficaz de la corriente$I_{L(rms)} = 0{,}35 V_i / R_L$, igual a la mitad del valor eficaz de la señal sin la presencia del diodo.

5.3.1. Bibliografía Recomendada

Boylestad, Robert L. Electrónica: Teoría de circuitos, McGraw-Hill. Pág. 71, 72,…, 76.

Schilling, Donald L. Circuitos electrónicos discretos e integrados. McGraw-Hill. Pág. 1, 2,...,8, 65. Problemas 1.1-1 y 1.1-2.

5.4.Programa de Medición

5.4.1 Precauciones

Cuando tenga que conectar varios diodos cerciórese de no estar creando un puente que cortocircuite los extremos de la fuente.

En todas las situaciones, a menos que se diga lo contrario, el osciloscopio debe estar en el modo de señal DC.

5.4.2 Montaje Experimental

a. Con el multímetro mida la resistencia del diodo. Inicie las mediciones en la escala más baja.

POLAR. DIRECTA	UNIDAD	POLAR. INVERSA	UNIDAD

Tabla 5.1.

¿Qué particularidad presenta el diodo?

5.4.2.1 Análisis de los cambios en la forma de la señal (rectificador de media onda): Implemente el circuito mostrado en la figura 5.2a y 5.2b con una resistencia de 1000Ω.

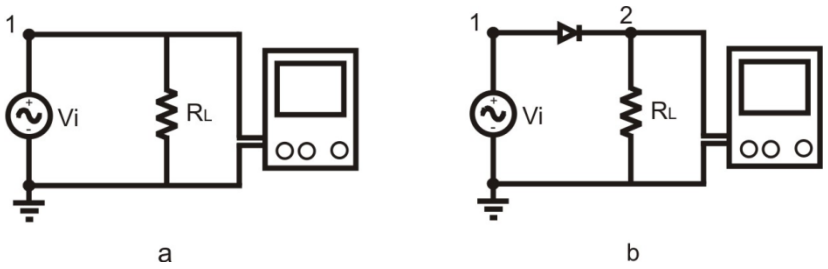
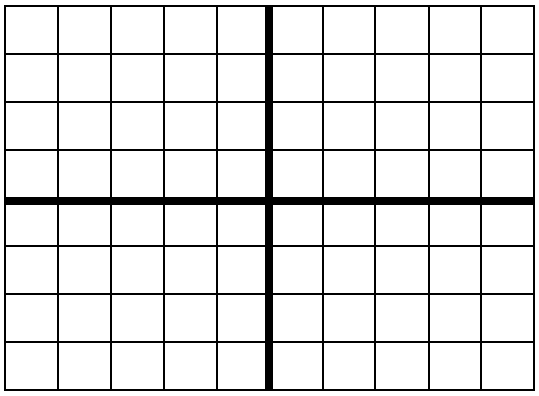
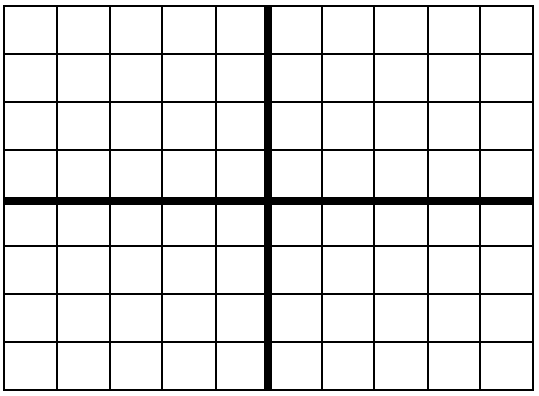


Figura 5.2: Empleo del osciloscopio en el análisis de señales AC. a) Directamente de la fuente. b) Con un diodo a la salida de la fuente: Rectificador de media onda



Escala X: Escala Y:

Señal a



Escala X: Escala Y:

Señal b

Figura 5.3: Señales alternas observadas en el osciloscopio. a)De una fuente sinusoidal. b)De un rectificador de media onda.

	OSCILOSCOPIO				MULT.			
SEÑAL	**V_{max}**	**Unid**	**V_{min}**	**Unid**	**V_{AC}**	**Unid**	**V_{DC}**	**Unid**
A								
B								

Tabla 5.2.

b. Escriba una justificación del porqué se dan cambios en la señal. ¿Qué relación existe entre V_{AC} y V_{max} en cada caso? Como afecta a V_{AC} el cambio de V_{min}? ¿Cómo están relacionados V_{DC}, V_{max} y V_{min}?

c. Calcule la potencia promedia disipada en la resistencia R_L de los circuitos a y b. 1)En función de $V_{máx}$. 2)En función de V_{AC}. 3)En función de V_{DC}. ¿Cómo están relacionados V_{rms}, V_{max}, V_{AC} y V_{DC} en cada caso?

d. Aumentando la sensibilidad del voltaje del osciloscopio, haga una mejor lectura de los voltajes máximos de los circuitos a y b, para ello ubique el voltaje de referencia en la parte baja de la pantalla. ¿Observa alguna diferencia? Si va a resolver un circuito de una sola malla que contiene un diodo, ¿cómo involucraría este voltaje en la solución?

$V_{a\ máx}$	**Unidad**	**$V_{bmáx}$**	**Unidad**	**$V_{a\ máx} - V_{bmáx}$**	**Unidad**

Tabla 5.3.

5.4.2.2. Rectificador de onda completa con derivación central: La mayoría de las fuentes AC cuentan con dos salidas de igual voltaje AC, referenciadas a otra definida como tierra. Identifíquelas y haga las mediciones respectivas:

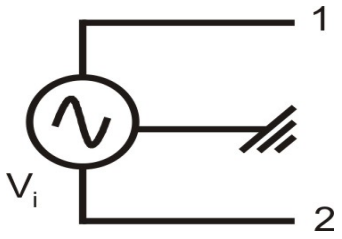
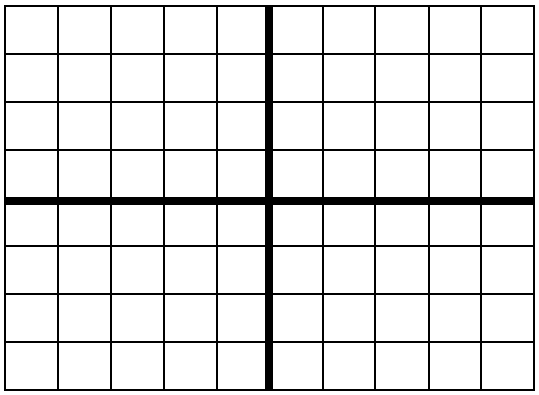


Figura 5.4: Fuente AC

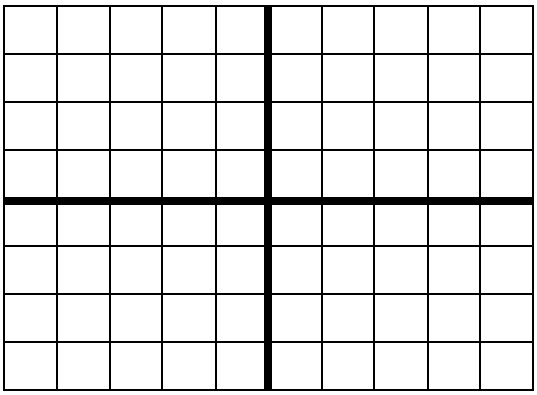
MULTÍMETRO					
V_1	**Unid**	**V_2**	**Unid**	**ΔV_{12}**	**Unid**

Tabla 5.4.



Escala X: Escala Y:

V_1



Escala X: Escala Y:

V_2

Figura 5.5. Señales obtenidas en las salidas de un transformador convencional. Recuerde que el osciloscopio debe permanecer en el modo de señal DC.

e. Como son V_1 y V_2? Evalúe las amplitudes y períodos de cada señal y represente matemáticamente con funciones a V_1 y V_2.

f. Como justifica las proporciones encontradas con el multímetro entre V_1, V_2 y ΔV_{12}

Implemente el circuito mostrado en la figura 5.6.

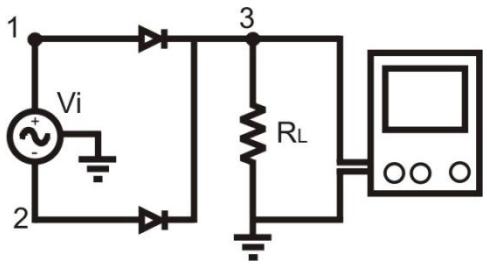
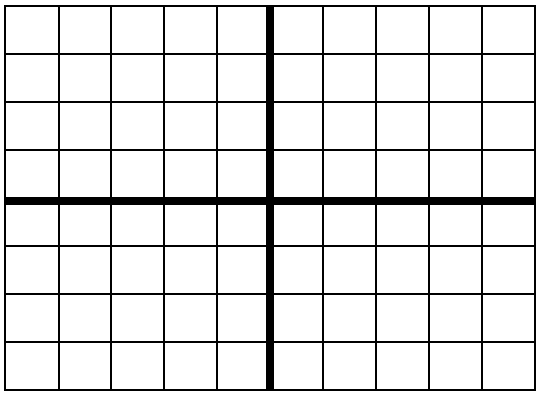


Figura 5.6: Rectificador de onda completa con derivación central



Escala X: Escala Y:

V_3

	OSCILOSCOPIO						MULTÍMETRO			
SEÑAL	**V_{max}**	**Un**	**V_{min}**	**Un**	**T**	**Un**	**V_{rms}**	**Un**	**V_{DC}**	**Un**
V_3										

Tabla 5.5.

g. Escriba una justificación del porqué se dan dos crestas seguidas en la señal. Observe lo que le ocurre a la señal si abre el circuito en el nodo 2 y luego en el nodo 1.

h. Considera que la frecuencia de la señal ha cambiado? Justifique.

i. Calcule la potencia promedia disipada en la resistencia R_L del circuito. Exprésela en función de V_{max} y de V_{rms}.

5.5.Análisis de datos

5.5.1. Escriba las conclusiones obtenidas en cada ítem.

5.5.2. Calcule el error experimental existente en el cálculo de la potencia disipada en la resistencia R_L y evaluada en los ítems c.1 y c.2.

Práctica 6

Características de polarización en el diodo Zener

6.1.Objetivos

- Estudiar las características de voltaje versus corriente en polarización inversa y en polarización directa.
- Implementar circuitos reguladores de voltaje mediante el empleo de diodos zener.
- Identificar algunas combinaciones posibles para obtener diversos efectos en la regulación de señales.
- Adquirir destrezas en el diseño de fuentes reguladas.

6.2.Equipos y Materiales

- Fuente de voltaje AC
- Voltímetro
- Osciloscopio
- Diodos ECG109, ECG116 ó ECG519.
- Diodos zener ECG5012 ó ECG5070.
- Resistencias

6.2.1 Descripción de los equipos y materiales

6.2.1.1 El diodo zener: O diodo de avalancha, es una unión pn cuyas propiedades están controladas en la zona de polarización inversa. Este diodo mantiene un voltaje constante V_Z en su salida si está inversamente polarizado funcionando de acuerdo con sus características específicas. Los diodos Zener se utilizan como reguladores de voltaje y también como patrón de referencia de voltaje. Estos presentan una región en la cual la tensión es casi independiente de la corriente y se fabrican con valores que varían entre 2 y 200 voltios con capacidades de disipación de potencia hasta de $100W$.

Figura 6.1: Diodos zener y su símbolo

6.3. Fundamentos Teóricos

Cuando se implementa un diodo zener como regulador de tensión este debe trabajar en la región de polarización inversa. En él (diodo de la figura 6.2), si la tensión de entrada aumenta, el diodo permite que se mantenga una tensión constante entre sus terminales, cuando esta tiende a ser superior al voltaje de ruptura (conocido como voltaje zener). Esto es posible gracias a que el diodo permite incrementos en la corriente que circula a través de él, sin sufrir cambios significativos de voltaje entre sus extremos.

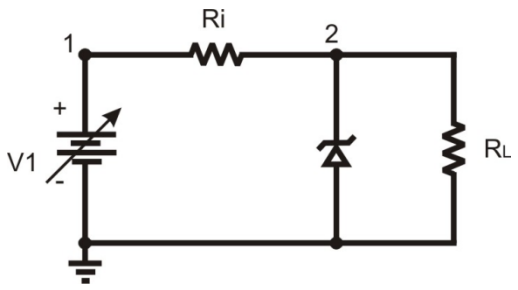


Figura 6.2: Diodos zener, implementado como regulador de voltaje

6.3.1 Bibliografía Recomendada

Malvino, Albert y Bates, David. Principios de Electrónica. 7ª edición. McGraw Hill.Pág.134 a 153.

Floyd. Electronic Devices.7ª edición.Prentice Hall. Pág. 110 a 124.

6.4. Programa de Medición

6.4.1 Precauciones

Evite polarizar el diodo zener en forma directa y sin resistencia de protección, ***puede averiarlo***.

6.4.2 Montaje Experimental

6.4.2.1 Características de voltaje versus corriente en polarización inversa y en polarización directa del diodo Zener:

Implemente el circuito mostrado en la figura 6.3

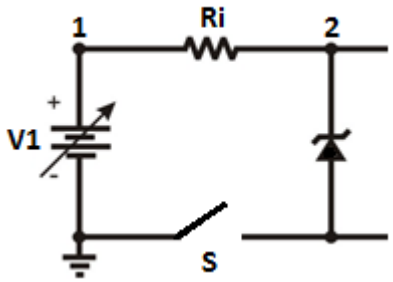


Figura 6.3: Diodos zener, implementado para observar el efecto de la polarización inversa

En él $R_i = 500\Omega$ (5w). Conecte el amperímetrode tal forma que pueda medir la corriente a través del diodo y registre los potenciales en los nodos 1 y 2.

- Cierre el interruptor S y proceda a medir la corriente I en el diodo (la fuente de voltaje debe estar calibrada a 0 V). A continuación ajuste la salida de la fuente en los voltajes indicados en la tabla 6.1 y para cada caso registre la corriente del diodo y anótelos en la tabla.

Tabla 6.1. Datos de la polarización inversa.

V_1/V	**I/mA**	**R_Z/Ω**
0.0		
1.0		
2.0		
3.0		
4.0		
5.0		
6.0		
7.0		

8.0		

- Ajuste la fuente de tal manera que se obtengan los valores de corrientes indicados en la tabla 6.2 y registre el voltaje V_2 y calcule la resistencia del diodo Zener para cada caso y registre sus valores en la tabla 6.2.

Tabla 6.2. Datos de la polarización inversa.

V_2/V	**I/mA**	**R_Z/Ω**
	2.0	
	5.0	
	15.0	
	20.0	
	25.0	
	30.0	
	35.0	
	40.0	
	45.0	
	50.0	

- Abra el interruptor S y coloque la fuente en OV y proceda a invertir la polaridad del diodo en el circuito de la figura 6.3.
- Cierre el interruptor S y complete la siguiente tabla para cada nivel de voltaje indicado en la tabla 6.3

Tabla 6.3. Polarización directa

V_2	I/mA	RF/Ω
0.0		
0.1		
0.2		
0.3		
0.4		
0.5		
0.6		
0.7		
0.8		
0.9		

Teniendo en cuenta los resultados de las tablas, realice el gráfico de la corriente en el diodo versus voltaje del diodo. Puede utilizar cualquier software para gráficos. Amplifique la corriente en función del voltaje dentro de la región Zener.

Realice los gráficos de la resistencia del diodo versus voltaje para ambas polarizaciones del diodo.

Interprete ambos resultados.

Evaluación del voltaje zener empleando una fuente DC variable: Implemente el circuito mostrado en la figura 6.2. En él $R_i = 1k\Omega$ y $R_L = 2{,}2k\Omega$. Conecte el amperímetro de tal forma que pueda medir la corriente a través del diodo. Con el voltímetro medirá los potenciales en los nodos 1 y 2.

a. Haga las mediciones pertinentes para completar la tabla 6.1.

V_1	Unidad	V_2	Unidad	I_D	Unidad
0	V				
4	V				
8					
12					
16					
20					
24					
28					
-10					
-20					
-28					

Tabla 6.1.

¿Bajo qué condiciones se regula el voltaje en R_L? ¿Qué peligro existe en el circuito si hacemos $V_1 = 50V$ y $R_i = 10\Omega$? ¿Quién controla la corriente a través del diodo? Haga una gráfica de I_D vs. V_2.

b. Empleando la ley de ohm calcule la corriente que circula a través de cada una de las resistencias.

V_1	Unidad	I_i	Unidad	I_L	Unidad	I_D	Unidad
0	V						
4	V						
8							
12							
16							
20							
24							

28							
-10							
-20							
-28							

Tabla 6.2.

¿Cómo están relacionadas I_L, I_i e I_D?

6.4.2.2 Construcción de una fuente regulada de voltaje, a partir de una señal AC: Monte el circuito mostrado en la figura 6.4, dibuje la forma de la señal vista en el osciloscopio y mida los parámetros requeridos en la tabla 6.3.

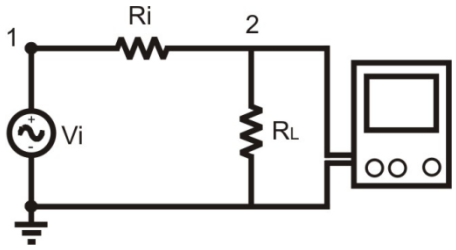
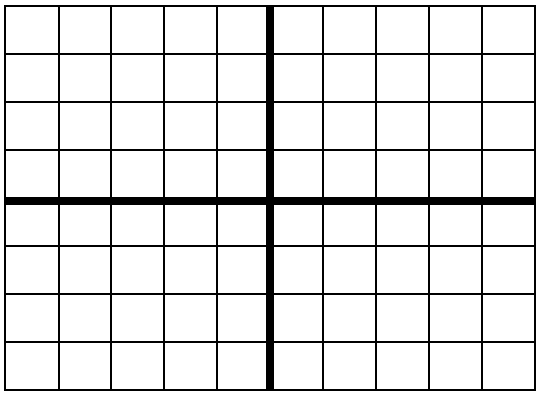


Figura 6.4: Análisis de una señal variable en un circuito resistivo

Señal:V_2



Escala X: Escala Y:

MULTÍMETRO						OSCILOSCOPIO	
V_{1AC}	Unidad	V_{2AC}	Unidad	V_{2DC}	Unidad	V_{2P-P}	Unidad

Tabla 6.3.

c. ¿Cómo es la corriente que circula a través de R_i.Escriba una función que represente a esta corriente. ¿Cómo es la corriente que circula a través de R_L Escriba una función que represente esta corriente.

d. Adicione al circuito un diodo zener, como se muestra en la figura 6.5 y complemente la información requerida en la tabla 6.4.

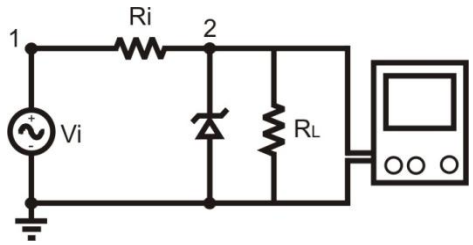
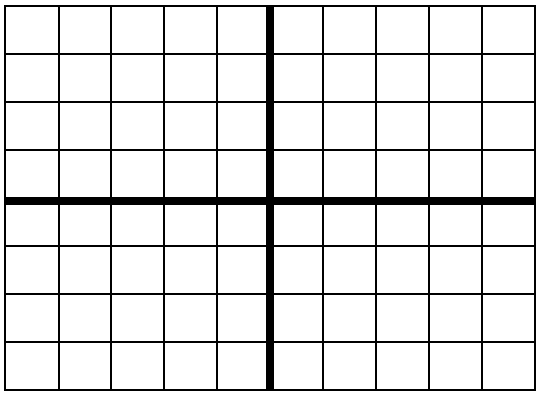


Figura 6.5: Implementación de un diodo como regulador de voltaje

Señal: V_2



Escala X: Escala Y:

MULTÍMETRO						OSCILOSCOPIO	
V_{1AC}	Unidad	V_{2AC}	Unidad	V_{2DC}	Unidad	V_{2pico}	Unidad

Tabla 6.4.

¿Qué cambios sufren las corrientes que circulan por R_i y por R_L? ¿Cómo son ahora las nuevas funciones?

e. Haga una gráfica de la corriente a través de R_i en función del tiempo. ¿En qué tiempos la corriente a través de R_L es cero? Calcule los valores máximos de I_D. Tenga en cuenta que en unos instantes el diodo está polarizado directamente y en otros la polarización es inversa.

6.4.2.3 Fuente AC con rectificación y regulación: Complemente el circuito conectando un diodo entre R_i y el nodo 2, tal como se muestra en la figura 6.6.

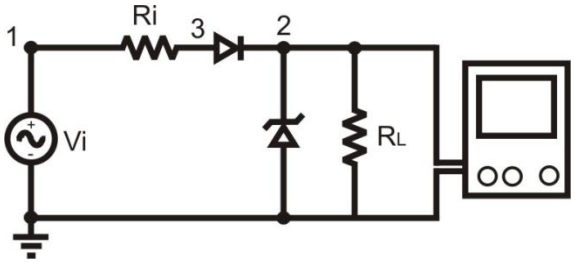
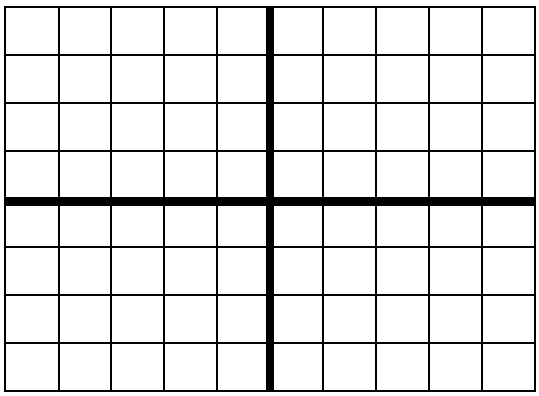


Figura 6.6: Fuente DC construida a partir de un diodo rectificador y un diodo regulador y una fuente AC

Señal: V_2



Escala X: Escala Y:

MULTÍMETRO						OSCILOSCOPIO	
V_{1AC}	Unidad	V_{2AC}	Unidad	V_{2DC}	Unidad	V_{2P-P}	Unidad

Tabla 6.5.

f. ¿Se observa alguna ventaja de este sistema sobre el anterior? ¿En qué instante el diodo zener tiene polarización directa?

g. Responda las preguntas del ítem e.

6.5. Análisis de datos

6.5.1 Escriba las conclusiones obtenidas en cada ítem.

Práctica 7

Cálculo del Factor de Ganancia de Corriente de un Transistor NPN

7.1.Objetivo

- Calcular el factor de amplificación de la corriente de base en un transistor NPN.
- Identificar la conexión de emisor común en los transistores.
- Adquirir destrezas en el empleo de transistores implementados como amplificadores de corriente.

7.2.Equipos y materiales

- Fuente de voltaje DC variable
- Voltímetro
- Amperímetro
- Transistor ECG 31 (ó ECG 49)
- Resistencias

7.2.1. Descripción de los equipos y materiales

7.2.1.1 El transistor bipolar: Dispositivo semiconductor que actúa como amplificador de corriente. Está formado por una capa de material tipo *p* emparedadas entre dos capas de material tipo *n (transistor npn)*, o de material tipo *n* emparedada entre dos de tipo *p (transistor pnp)*. La capa central se denomina base (B) y los dos extremos emisor (E) y colector (C).

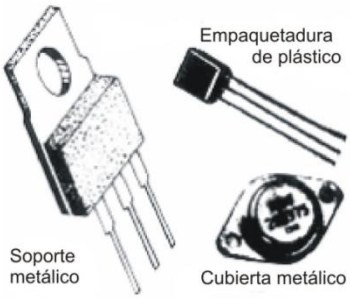


Figura 7.1: Empaquetamiento típico de los transistores

7.3.Fundamentos Teóricos

En la conexión del emisor común, el emisor comparte un punto común con las terminales de entrada y salida. Las variables independientes del puerto de entrada son la corriente de base I_By el voltaje entre la base y el emisor V_{BE} y las variables independientes del puerto de salida son la corriente del colector I_C y el voltaje de colector a emisor V_{CE}. Con algunas aproximaciones, se obtiene que $I_C = \beta I_B$, considerándose β como el factor de ganancia h_{FE}del transistor.

7.3.1. Bibliografía Recomendada

Malvino, Albert y Bates, David. Principios de Electrónica. 7ª edición. McGraw Hill.Pág.176 a 267.

Floyd. Electronic Devices.7ª edición.Prentice Hall.Pág.164 a 197.

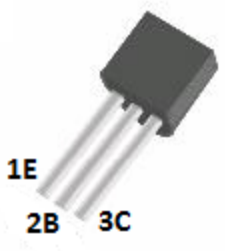
7.4.Programa de Medición

7.4.1 Precauciones

Identifique cada una de las paticas del transistor, para ello revise el manual. Evite polarizarlos inapropiadamente.

Tabla 7.1

ECG	1	2	3
31	E	C	B
49	E	B	C
123AP	E	B	C



7.4.2. Montaje experimental

Con el transistor ECG 123 AP (2N3904), monte el circuito mostrado en la figura 7.2.

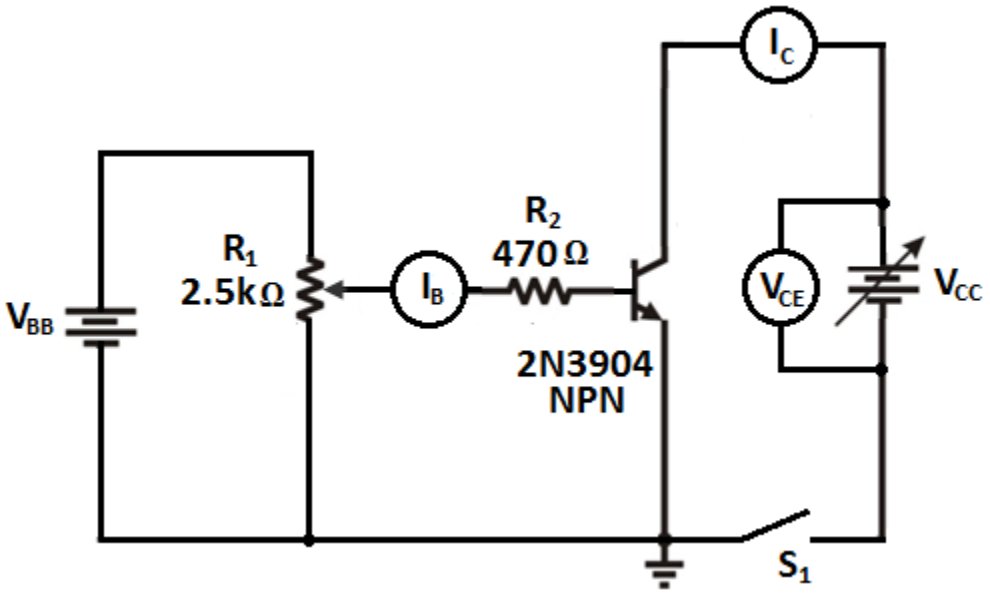


Figura 7.2: Transistor NPN en conexión de emisor común

7.4.3 Mediciones

7.4.3.1 Medición de V_{CE} en función de I_C: Los medidores de corriente deben colocarse en la máxima escala de miliamperímetro como protección.

a. Establezca V_{BB} en 1.4 V y V_{CC} en 0V; el interruptor S_1 debe estar abierto.

b. Cierre el interruptor S_1 y ajuste R_1 de manera que en el medidor de corriente de base I_B la lectura sea de 10 µA. Esta corriente no debe variar al realizar las lecturas del voltaje colector emisor V_{CE} que se muestran en la tabla 7.2. Lea el valor de la corriente de colector I_C y regístrelo en la tabla 7.2.

c. Registre los valores de la corriente de colector en la tabla 7.2 para cada valor del V_{CE} mostrado y con la corriente de base de 10µA.

d. Repita los pasos b y c para los diferentes valores de la corriente de base y complete la tabla 7.2. Al finalizar sus datos, abra el interruptor S_1.

	V_{CE} / V									
	0.0	2.5	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0	17.5	20.0	I_B/µA
										10
										20
I_c/mA										30
										40
										50
										60
										70

Tabla 7.2.

7.5.Análisis de datos

a. Utilizando los datos obtenidos en la tabla 7.2, realice el grafico de V_{CE} versus I_C. Interprete el gráfico obtenido.

b. ¿De qué cree usted que depende la corriente de colector I_C? ¿Qué relación existe entre la corriente de colector I_C y la corriente de base I_B? ¿Qué le ocurre a I_C si I_B continua creciendo? deduzca el factor de ganancia βo h_{FE} del transistor.

c. Calcule la disipación del colector del transistor 2N3904 utilizando los valores de la corriente de base (I_B) y los voltajes colector emisor (V_{CE}). Muestre sus cálculos.

d. En el circuito de la figura 7.2, ¿qué efecto produce la inversión de la polaridad de V_{BB}?.

e. ¿Qué observa al comparar las curvas características de V_{CE} respecto de I_C obtenidas de forma experimental con las que publica el fabricante para el transistor 2N3904. Explique alguna discrepancia.

Práctica 8

Implementación de Amplificadores Operacionales

8.1.Objetivo

- Implementar circuitos en los que se empleen configuraciones básicas de amplificadores operacionales.
- Identificar los pines de entrada, salida y alimentación de los AO.
- Adquirir destrezas en los montajes de circuitos que requieran de los AO.

8.2.Equipos y Materiales

- Fuente de voltaje DC variable
- Voltímetro
- Amplificador operacional LF411 ó LM741 (ECG 937M ó ECG 941M respectivamente)
- Resistencias

8.2.1. Descripción de los Equipos y Materiales

8.2.1.1 El amplificador operacional: Nombre dado a un sistema de circuitos que amplifica la diferencia existente entre dos señales de entrada V+ y V-. Actualmente existen una gran variedad de AO con factores de amplificación en circuito abierto del orden de 10^5,impedancias de entrada superiores a $10^5\Omega$, lo que implica corrientes de entrada del orden de *n***A**, e impedancias de salida de 100Ω.

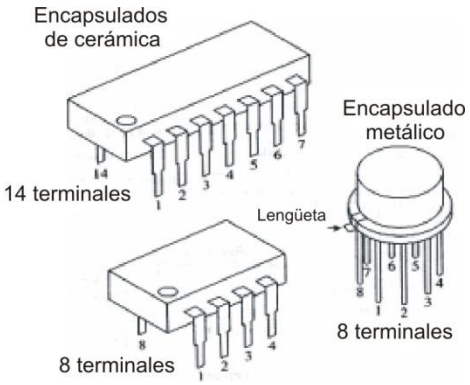


Figura 8.1: Amplificadores operacionales

Los AO generalmente cuentan con conectores para:

- Las alimentaciones positiva y negativa V_{CC} y $-V_{EE}$ respectivamente
- Las señales de entrada V+ y V-
- Ajuste del cero
- Y la señal de salida V_0

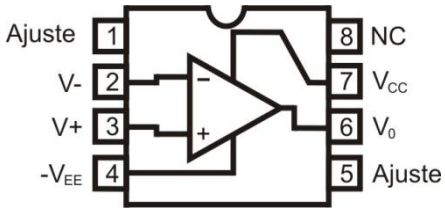


Figura 8.2: Conectores del LF411

8.3.Fundamentos Teóricos

Los AO generalmente se implementan en circuitos cuyos factores de amplificación dependen de elementos del circuito externos al amplificador, algunos de ellos son:

8.3.1. El amplificador inversor: Se obtiene conectando la entrada no inversora V+ a tierra, se aplica la señal de entrada en V- a través de R_1 y se establece la retroalimentación negativa en la entrada *V*- a través de la resistencia R_2. La salida V_0 tiene polaridad opuesta a la de la entrada V_s y está amplificada en un factor A_V igual a:

$$A_V = \frac{V_0}{V_s} = -\frac{R_2}{R_1}$$

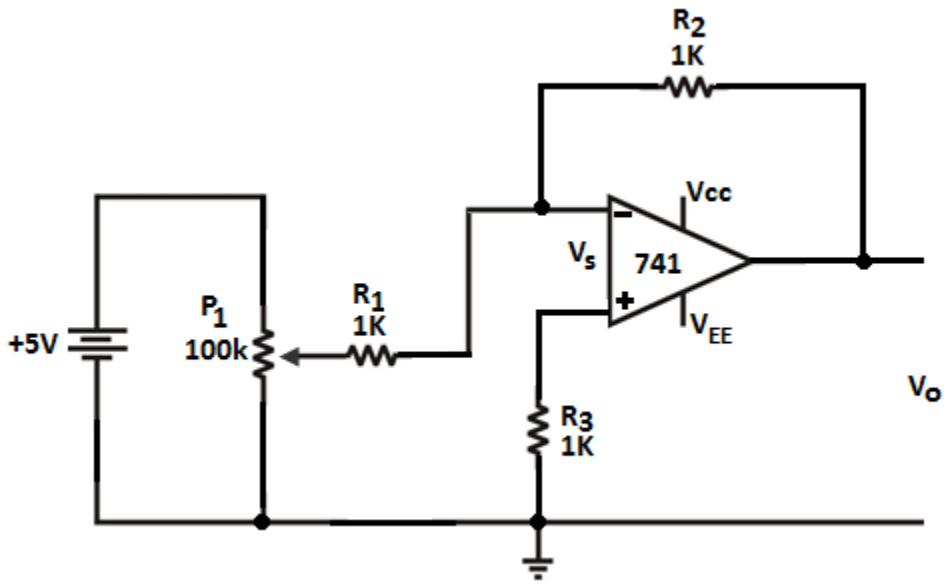


Figura 8.3: Amplificador inversor

8.3.2. El amplificador no inversor: La entrada inversora se conecta a tierra a través deR_1 y tendrá retroalimentación mediante R_2. La señal V_s, puesta en la entrada positiva, será amplificada en un factor igual a:

$$A_V = \frac{V_0}{V_s} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

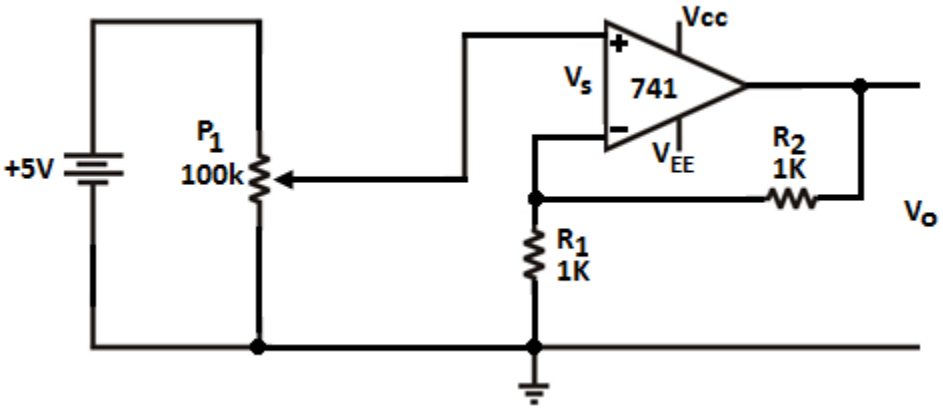


Figura 8.4: Amplificador no inversor

8.3.3. Bibliografía Recomendada

CatheyJimmie J. Dispositivos electrónicos y circuitos, McGraw'Hill. Pág. 250,...,254. Problemas 10.28 y 10.30, pág. 274.

Schilling, Donald L. Circuitos electrónicos discretos e integrados. McGraw-Hill. Pág. 387,...,399.

8.4.Programación de Medición

8.4.1 Precauciones

Procure identificar y conectar correctamente cada uno de los pines del AO, evitando así su deterioro. Tenga cuidado de no colocar el potenciómetro P_1 en resistencia cero con el fin de evitar un corto circuito en la fuente.

Emplee como voltajes de polarización del AO V_{CC} = 5V y $-V_{EE}$ = -5V

Los conectores 1, 5 y 8 del integrado se dejan libres.

8.4.2 Montajes Experimentales y Mediciones

8.4.2.1 Amplificador inversor: Implemente el circuito que se muestra en la figura 8.4.

a. Mida los parámetros requeridos en la tabla 8.1.

V_s / V	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
R_2=1K										
R_2=2K										
R_2=3K										
R_2=10K										
R_2=1M										

Tabla 8.1.

¿El circuito es lineal? ¿Se satisface la relación teórica? Haga el respectivo gráfico y su debido análisis.

8.4.2.2 Amplificador no inversor: Ahora implemente el circuito de la figura 8.4.

a. Mida los parámetros requeridos en la tabla 8.2.

V_s / V	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
R_2=1K										
R_2=2K										
R_2=3K										
R_2=10K										
R_2=1M										

Tabla 8.2.

¿El circuito es lineal? ¿Se satisface la relación teórica? Haga el respectivo gráfico y su debido análisis.

8.5. Análisis de datos

8.5.1. Escriba las conclusiones obtenidas en cada circuito.

8.5.2. Calcule el error experimental existente en la medición de A_V del ítem a y el respectivo porcentaje de error.

Práctica 9

El Temporizador 555

9.1. Objetivo

- Explicar el funcionamiento del circuito integrado 555.
- Identificar los pines del circuito integrado 555.
- Implementar circuitos de temporización capaz de trabajar como monoestables (un estado estable) y como astable (sin estado estable).
- Adquirir destreza en los montajes de los circuitos que requieren del integrado 555.

9.2. Equipos y Materiales

- Fuente de voltaje DC.
- Voltímetro.
- Circuito integrado 555.
- Osciloscopio.
- Diodos Led.
- Juego de resistencia.
- Potenciómetro.

- Capacitores.
- Protoboard.

9.2.1. Descripción de los Equipos y Materiales

9.2.1.1 El circuito integrado 555

La figura 9.1 muestra el símbolo y la distribución de los pines del circuito integrados 555o temporizador, cuya tensión de alimentación está comprendida entre +4,5V y +15V

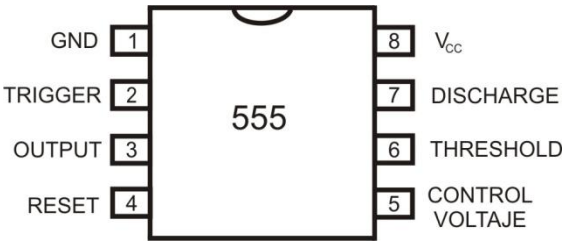


Figura 9.1: Pines del 555

A continuación se describe brevemente las patillas del integrado:

- **Pin 1 (GND):** es el polo negativo de la alimentación, generalmente tierra.
- **Pin 2 (Trigger - Disparo):** Es en esta patilla, donde se establece el inicio del tiempo de retardo, si el 555 es configurado como monostable. Este proceso de disparo ocurre cuando este pin va por debajo del nivel de 1/3 del voltaje de alimentación. Este pulso debe ser de corta duración, pues si se mantiene bajo por mucho tiempo la salida se quedará en alto hasta que la entrada de disparo pase a alto otra vez.
- **Pin 3 (Output - Salida):** Aquí veremos el resultado de la operación del temporizador, ya sea que esté conectado como monostable, astable u otro. Cuando la salida es alta, el voltaje será el voltaje de alimentación (V_{CC}) menos 1.7 Voltios.

Esta salida se puede obligar a estar en casi 0 voltios con la ayuda de la patilla de reset (pin 4).

- **Pin 4 (Reset):** Si se pone a un nivel por debajo de 0.7 Voltios, pone la patilla desalida a nivel bajo. Si por algún motivo esta patilla no se utiliza hay que conectarlaa V_{CC} para evitar que el 555 se "resetee".
- **Pin 5 (Control de voltaje):** Cuando el temporizador se utiliza en el modo decontrolador de voltaje, el voltaje en esta patilla puede variar casi desde VCC (enla práctica como V_{CC} -1 voltio) hasta casi 0V (aprox. 2 Voltios). Así es posiblemodificar los tiempos en que la salida está en alto o en bajo independiente del diseño(establecido por las resistencias y condensadores conectados externamente al 555). Elvoltaje aplicado a la patilla de control de voltaje puede variar entre un 45 y un 90%de V_{CC}en la configuración monostable. Cuando se utiliza la configuración astable, elvoltaje puede variar desde 1.7 voltios hasta V_{CC} . Modificando el voltaje en esta patillaen la configuración astable causará la frecuencia original del astable sea modulada en frecuencia (FM). Si esta patilla no se utiliza, se recomienda ponerle un condensador de $0.01\mu F$ para evitar las interferencias.
- **Pin 6 (Threshold - Umbral):** Es una entrada a un comparador interno que tiene el 555 y se utiliza para poner la salida a nivel bajo.
- **Pin 7 (Discharge - Descarga):** Utilizado para descargar con efectividad el condensadorexterno utilizado por el temporizador para su funcionamiento.

- **Pin 8 (V +):** También llamado V_{CC}, alimentación, es el pin donde se conecta elvoltaje de alimentación que va de 4.5 voltios hasta 18 voltios (máximo). Hay versionesmilitares de este integrado que llegan hasta 18 Voltios.

9.3. Fundamentos Teóricos

9.3.1. Estructura interna del integrado 555

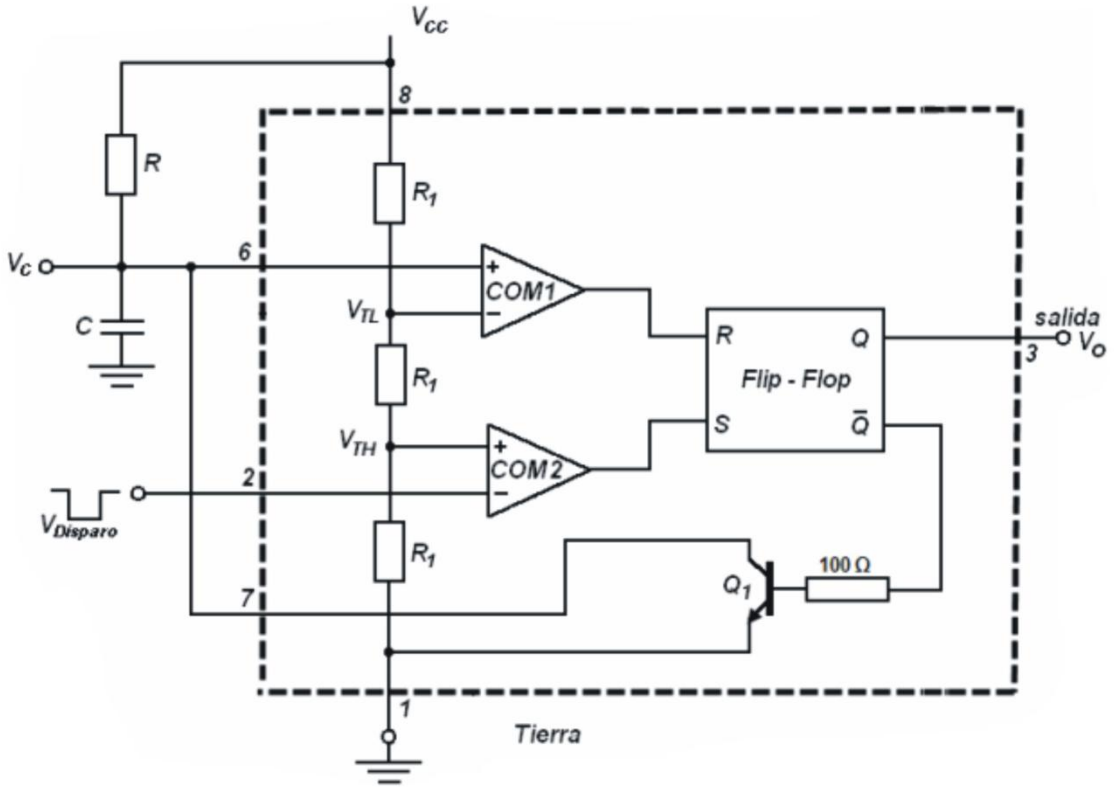


Figura 9.2: Estructura interna del circuito integrado del 555

El diagrama de la figura 9.2 consta de lo siguiente:

- El circuito consta de dos comparadores (COM1 y COM2), un Flip-Flop SR (elemento biestable de fijar y restablecer) y un transistor $Q1$ que opera como interruptor.
- Una fuente de alimentación (V_{CC}) para operación, con un voltaje típico de 5 V.

- Un divisor de voltaje resistivo, que consta de tres resistores de igual valor marcados con R1, se conecta entre los terminales de V_{CC} y establece los voltajes de referencia (de umbral) para los dos comparadores. Estos son $V_{TH} = (2/3)V_{CC}$ para el comparador 1 y $V_{TL} = (1/3)V_{CC}$ para el comparador 2.
- El Flip-Flop SR que también recibe el nombre de elemento de memoria es un circuito biestable que tiene salidas complementarias, denotadas por Q y $\bar{Q}$. En el estado de fijar set, la salida de Q es "alta" (aproximadamente igual a V_{CC}) y la de $\bar{Q}$ es "baja" (aproximadamente igual a 0V). En el otro estado estable, llamado restablecer, la salida Q es baja y la de $\bar{Q}$ es alta. El Flip-Flop se fija al aplicar un nivel alto (V_{CC}) a su terminal de entrada de fijar, marcada como S. Para restablecer el Flip-Flop, se aplica un nivel alto al terminal de entrada de restablecer, marcado como R.
- Los terminales de entrada de restablecer y fijar del Flip-Flop del circuito 555 están conectados a las salidas del comparador 1 y comparador 2, respectivamente.
- El terminal positivo de entrada del comparador 1 se conecta a un terminal externo del integrado 555, marcado como Threshold (umbral).
- El terminal de entrada negativa del comparador 2 se conecta a un terminal externo marcado Trigger (disparador), y el colector del transistor $Q1$ se conecta al terminal marcado Discharge (descarga).
- La salida Q del Flip-Flop se conecta al terminal de salida del integrado 555, marcado Out (salida).

9.3.2. Temporizador en configuración monoestable

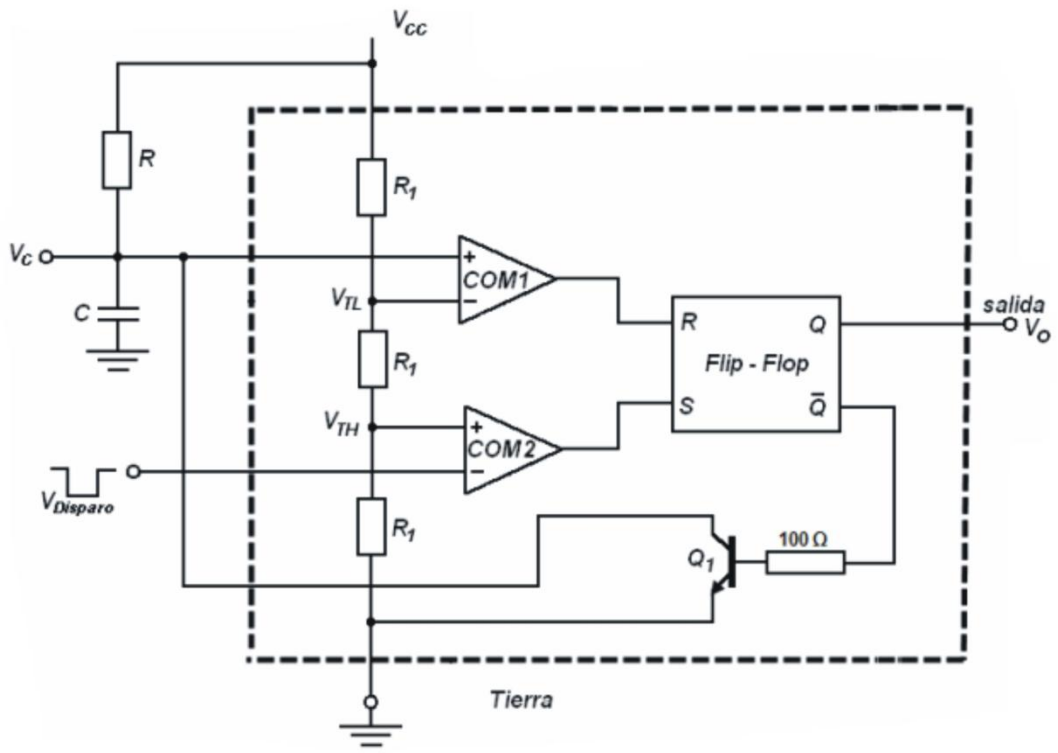


Figura 9.3: Estructura interna del circuito integrado del 555 como multivibrador monoestable

El circuito integrado en configuración monoestable tiende a quedar en una posición definida, que puede ser ON o bien OFF, Para obtenerlo se requiere de un disparo externo. En cualquiera de los modos de operación anteriores los períodos de operación se logran mediante la carga y descarga de un capacitor.

En conclusión, la operación MONO-ESTABLE se caracteriza por el hecho de que a la salida del circuito se tiene un único estado Estable, el cual se define, ya sea V_{CC} o cero

voltios. A la salida se produce un pulso $V_o$como se muestra en la figura 9.4. El ancho del pulso, T, es el intervalo que el multivibrador monoestable pasa en el estado casi estable. Si denotamos como $t = 0$ el instante en el cual el pulso de disparo se aplica, la onda exponencial de V_C se expresa como:

$$V_C = V_{CC}\left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right)$$

Al sustituir $V_C = (2/3)V_{CC}$ en $t = T$, se tiene:

$$T = CR \ln 3 \cong 1{,}1CR$$

De lo anterior, notamos que el ancho del pulso es determinado por los componentes externos C y R, que se pueden seleccionar para tener valores tan precisos como se desee.

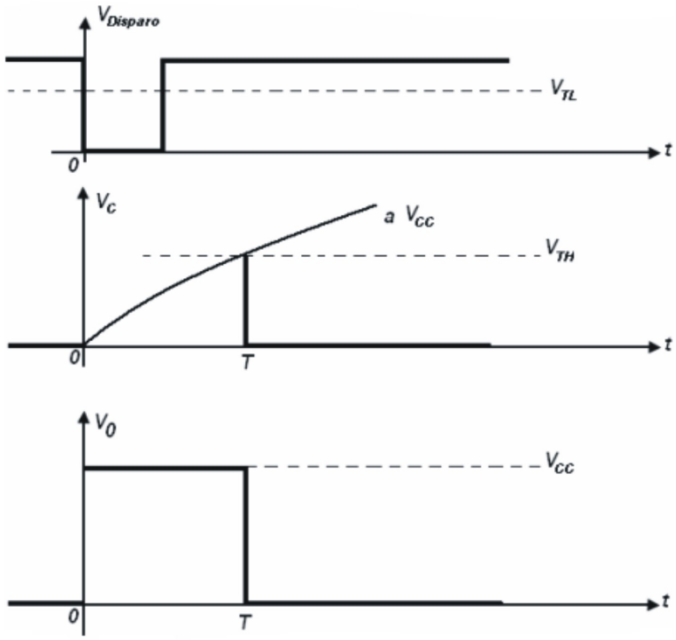


Figura 9.4: Ondas del circuito integrado del 555 como multivibrador monoestable

9.3.3. Temporizador en configuración estable

La figura 9.5 muestra el circuito de un multivibrador astable con un 555.

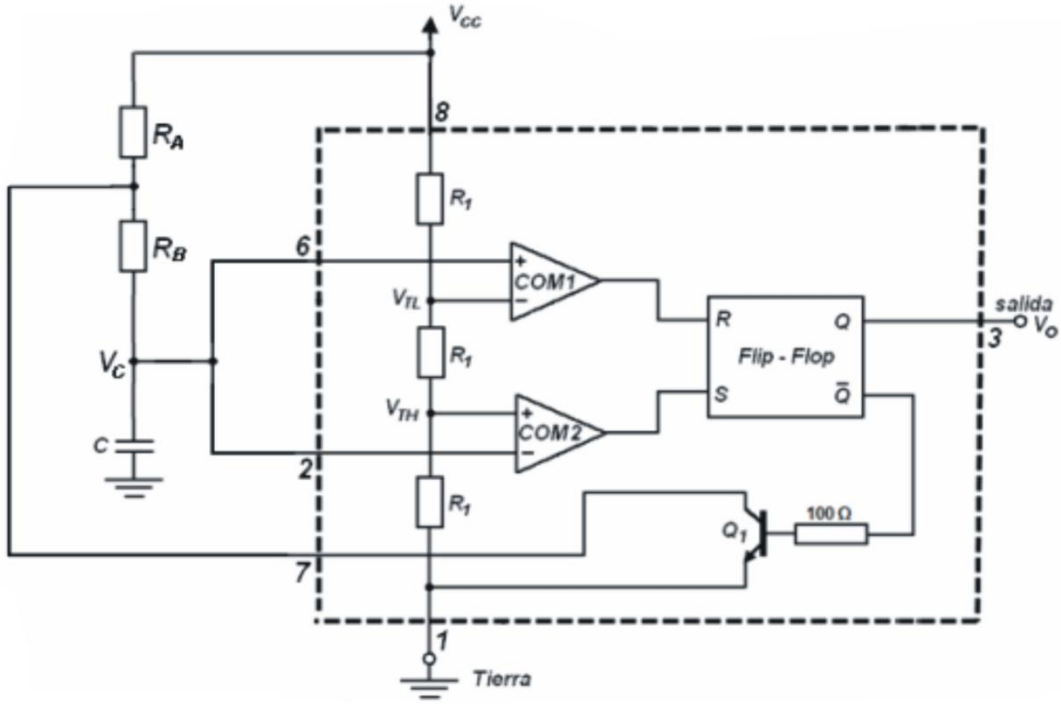


Figura 9.5: Ondas del circuito integrado del 555 como multivibrador astable

La figura 9.5 muestra el CI 555 como multivibrador astable que emplea dos resistores externos R_A y R_B y un capacitor externo C. La figura 9.6 muestra la forma de las ondas en que opera el circuito.

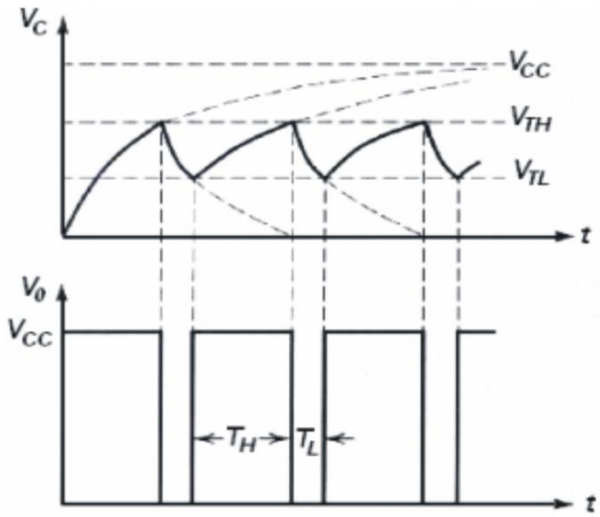


Figura 9.6: Formas de ondas del CI 555 como multivibrador astable

El circuito produce una onda en forma cuadrada a la salida. De la figura 9.6 indica que la salida estará en nivel alto durante el intervalo T_H, en el cual $V_C$se eleva de V_{TL} a V_{TH}. La elevación exponencial de V_C es descrita por:

Donde$t = 0$es el instante en que comienza el intervalo T_H. Sustituyendo $V_C = V_{TH} = (2/3)V_{CC}$ con $t = T_H$ y $V_{TL} = (2/3)V_{CC}$, se obtiene:

$$T_H = C(R_A + R_B)\ln 2 \cong 0{,}69C(R_A + R_B)$$

De la figura 9.6 se tiene que V_0estará en un nivel bajo durante el intervalo T_L en el cual V_C decrece de V_{TH} a V_{TL}. La caída exponencial de V_C puede describirse como:

$$V_C = V_{TH}e^{-\frac{t}{CR_B}}$$

Donde se consideró$t = 0$como el inicio del intervalo T_L. Sustituyendo $V_C = V_{TL} = (1/3)V_{CC}$ y $t = T_L$y$V_{TH} = (2/3)V_{CC}$, se obtiene:

$$T_L = CR_B \ln 2 \cong 0{,}69CR_B$$

Combinando las ecuaciones anteriores, podemos obtener el periodo *T* de la onda cuadrada de salida. Esto es:

$$T = T_H + T_L = 0{,}69C(R_A + 2R_B)$$

De igual manera, el ciclo de trabajo de la onda cuadrada de salida se obtiene como se indica a continuación:

$$\text{Ciclo de trabajo} = \frac{T_H}{T_H + T_L} = \frac{R_A + R_B}{R_A + 2R_B}$$

Podemos notar que el ciclo de trabajo siempre será mayor que 0.5 (50%); se aproxima a 0.5 si se elige R_A mucho más pequeño que R_B.

9.3.4. Bibliografía Recomendada

Sedra, Smith. Circuitos Microelectrónicos, K-t-dra. Pág. 1009,..., 1011.

Problemas 12.37 y 12.38, pág. 1036.

JoseMaria Angulo. Laboratorio de Prácticas de Microelectrónica (Volumen 1). McGraw-Hill. Pág. ELA-36 a ELA-38

9.4. Programa de Medición

9.4.1. Precauciones

Procure identificar y conectar correctamente cada uno de los pines del CI 555, evitando así su mal funcionamiento.

Emplee como voltajes de polarización del 555 de $V_{CC} = 5V$.

9.4.2. Montaje Experimental y Mediciones

9.4.2.1. Circuito monoestable: Utilice un capacitor de 10nFy encuentre el valor de R que produce un pulso de salida de 100µF en el circuito de la figura 9.3.

a. Utilice un simulador como CircuitMaker o Proteus para simular el circuito con los valores anteriores.
b. Implemente el circuito de la figura 9.3 en el protoboard y utilizando el osciloscopio interprete la señal obtenida por el pin 3 del 555.

9.4.2.2. Circuito astable: Utilice un capacitor de 1000 pF, encuentre los valores de RA y RB que produzcan una frecuencia de oscilación de 100KHz y un ciclo de trabajo de 75%.

a. Utilice un simulador como CircuitMaker o Proteus para simular el circuito con losvalores anteriores.

b. Implemente el circuito de la figura 9.5 en el protoboard y utilizando el osciloscopiointerprete la señal obtenida por el pin 3 del 555.

9.5. Análisis de datos

9.5.1. Escriba las conclusiones en cada item.

9.5.2. ¿Qué diferencia encuentra entre los circuitos monoestable y estable?

9.5.3. Menciones dos aplicaciones de los circuitos monoestables y dos del biestable.

Práctica 10

Filtrado de Señales

10.1. Objetivos

- Implementar elementos pasivos como resistencias y capacitores en la construcción de filtros paso alto y paso bajo.
- Identificar los valores de las resistencias y capacitores requeridos para atenuar las señales con las frecuencias empleadas en cada caso.
- 1.3 Generar la función de transferencia para cada filtro, a partir del circuito RC implementado.

10.2. Equipos y Materiales

- Generador de señales
- Osciloscopio
- Juego de resistencias
- Juego de capacitancias

10.3. Fundamentos Teóricos

10.3.1. Filtros

Son circuitos diseñados para atenuar señales de frecuencias definidas. Así pues, los filtros se clasifican en pasa alta, pasa baja, pasa banda y rechaza banda. Para su diseño se emplean elementos pasivos como las resistencias, inductancias y capacitancias o elementos activos como los amplificadores operacionales. Los filtros más sencillos son circuitos RL o RC. Al estudiar su respuesta en frecuencia se observa como la salida depende del valor de estos elementos y la frecuencia de trabajo. Los dispositivos activos proporcionan ganancia de voltaje y las redes pasivas proporcionan selectividad de frecuencia.Para su estudio se define la Función de Transferencia.

10.3.2. Función de Transferencia H(w)

Se define como el cociente entre la respuesta del circuito y la excitación. La figura 10.1 muestra el diagrama de bloques de una red lineal.

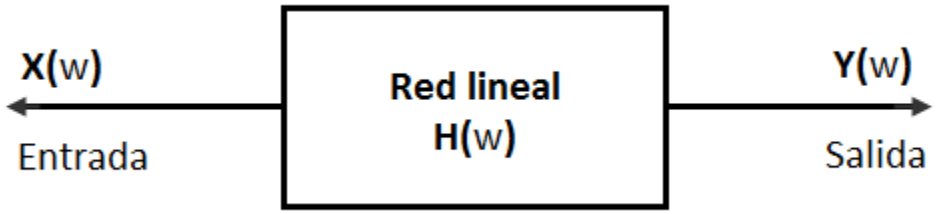


Figura 10.1 Diagrama en bloques de una red lineal

Por lo tanto, la función de transferencia se puede escribir como:

$$\mathbf{H}(w) = \frac{\mathbf{Y}(w)}{\mathbf{X}(w)}$$

La entrada$\mathbf{X}(w)$ y la salida $\mathbf{Y}(w)$ pueden se una tensión o una corriente en cualquier parte del circuito.

Algunos ejemplos de la función de transferencia $\mathbf{H}(w)$ son: la admitancia (I/V), la impedancia (V/I), la función de transferencia en corriente ($V_{sal} = V_{ent}$) y la función de transferencia en corriente ($I_{sal} = I_{ent}$). El módulo de la función de transferencia (en decibelios) se suele representar gráficamente en función de la frecuencia w en escala logarítmica, a esta gráfica se le conoce como diagrama de magnitud de Bode.

Puesto que la entrada y la salida en la función de transferencia pueden ser una tensión o una corriente, existen cuatro posibles funciones de transferencia:

$$\mathbf{H}(\mathrm{w}) = Ganancia\ de\ tensión = \frac{\mathbf{V}_{\mathrm{sal}}(\mathrm{w})}{\mathbf{V}_{\mathrm{ent}}(\mathrm{w})}$$

$$\mathbf{H}(\mathrm{w}) = Ganancia\ de\ corriente = \frac{\mathbf{I}_{\mathrm{sal}}(\mathrm{w})}{\mathbf{I}_{\mathrm{ent}}(\mathrm{w})}$$

$$\mathbf{H}(\mathrm{w}) = Transferencia\ de\ impedancia = \frac{\mathbf{V}_{\mathrm{sal}}(\mathrm{w})}{\mathbf{I}_{\mathrm{ent}}(\mathrm{w})}$$

$$\mathbf{H}(\mathrm{w}) = Transferencia\ de\ admitancia = \frac{\mathbf{I}_{\mathrm{sal}}(\mathrm{w})}{\mathbf{V}_{\mathrm{ent}}(\mathrm{w})}$$

10.3.3. Filtros RC

Esta clase de filtros es la más simple y consta de un circuito RC serie. En estos circuitos siempre tendremos una señal de entrada (V_{ent}) y una señal de salida (V_{sal}), la amplitud de la señal de salida dependerá de la frecuencia de la señal de entrada. Veremos dos variantes de estos filtros: El Filtro *Paso Altas* y *Paso Bajas*.

10.3.4. Filtro RC Pasa-Altas

Este filtro, como su nombre lo indica atenúa el paso de señales de “frecuencia baja” y permite el paso de señales de “frecuencia alta”. El circuito y su respuesta en frecuencia se muestran en la figura 10.2.

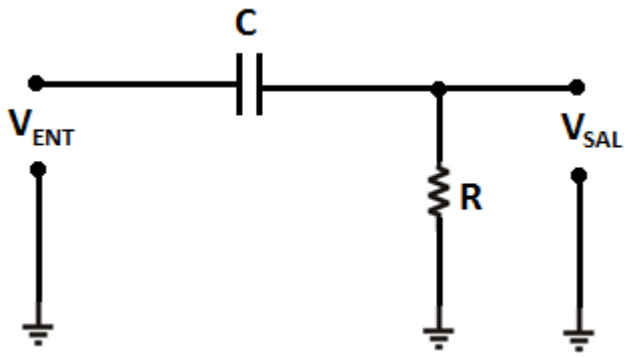


Figura 10.2. Circuito Pasa Altas

El filtro se forma cuando la salida del circuito RC se toma de la resistencia como se muestra en la figura 10.2. La función de transferencia es entonces:

$$\mathbf{H}(w) = \frac{\mathbf{V}_{\text{sal}}(\text{w})}{\mathbf{V}_{\text{ent}}(\text{w})} = \frac{R}{R + \frac{1}{jwC}} = \frac{jwRC}{1 + jwRC}$$

Podemos notar que: $H(0) = 0$, $H(\infty) = 1$. Al igualar la magnitud de $H(w_c) = \frac{1}{\sqrt{2}}$ (consultar la página 638 del libro fundamentos de circuitos eléctricos de Sadiku. Tercera edición), obtenemos la frecuencia de corte (frecuencia para la cual la función de transferencia H disminuye en magnitud hasta 70.71% du su valor máximo o también se considera como la frecuencia a la cual la potencia disipada en un circuito es la mitad de su valor máximo).

La frecuencia de corte está dada por $w_c = \frac{1}{RC} = 2\pi f_c \rightarrow f_c = \frac{1}{2\pi RC}$

La figura 10.3 muestra el diagrama de $|H(w)|$ contra w_c, junto con la característica ideal.

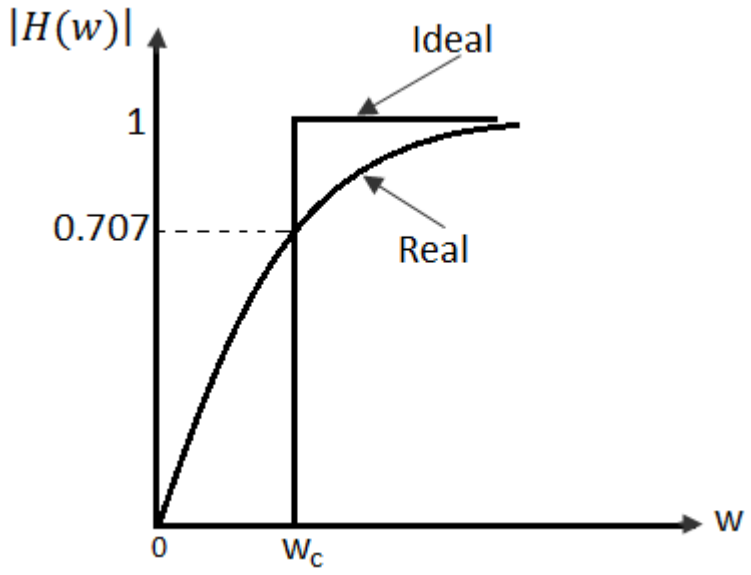


Figura 10.3. Respuesta en frecuencia ideal y real de un filtro pasa altas.

10.3.5. Filtro Pasa-Bajas

Intercambiando la posición de R con C, obtenemos el filtro pasa bajas. Este filtro, como su nombre lo indica atenúa el paso de señales de “frecuencia alta” y permite el paso de señales de “frecuencia baja”. El circuito y su respuesta en frecuencia se muestran en la figura 10.3.

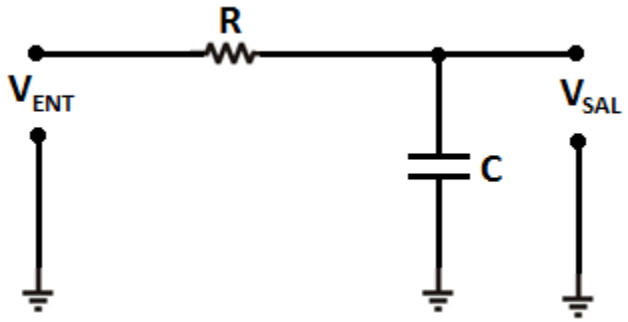


Figura 10.4. Circuito Pasa Bajas

El filtro se forma cuando la salida del circuito RC se toma del capacitor como se muestra en la figura 10.4. La función de transferencia es entonces:

$$\mathbf{H}(w) = \frac{\mathbf{V}_{\text{sal}}(\text{w})}{\mathbf{V}_{\text{ent}}(\text{w})} = \frac{\frac{1}{jwC}}{R + \frac{1}{jwC}} = \frac{1}{1 + jwRC}$$

Podemos notar que: $H(0) = 1$, $H(\infty) = 0$. Al igualar la magnitud de $H(w_c) = \frac{1}{\sqrt{2}}$, la frecuencia de corte o frecuencia de atenuación está dada por:

$$w_c = \frac{1}{RC} = 2\pi f_c \rightarrow f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

La figura 10.5 muestra el diagrama de $|H(w)|$ contra w_c, junto con la característica ideal.

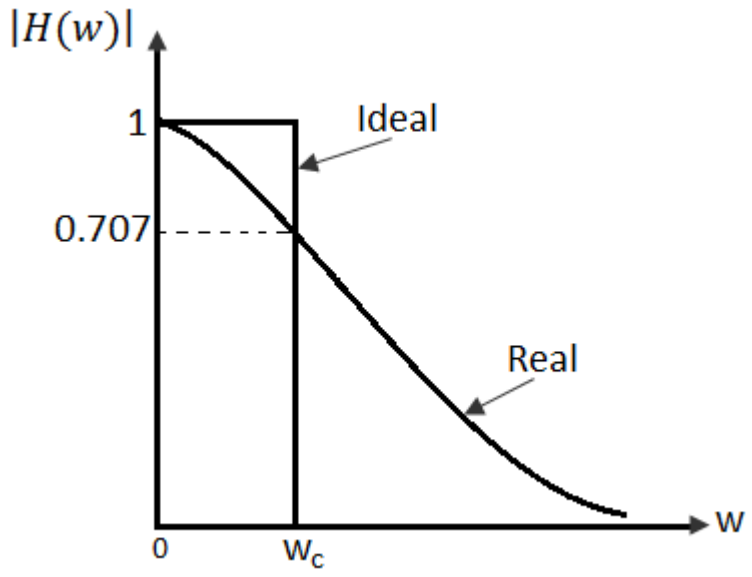


Figura 10.5. Respuesta en frecuencia ideal y real de un filtro pasa bajás.

10.3.6. Bibliografía Recomendada

Zbar, Rockmaker y Bates. Prácticas de electricidad. 7ª edición, editorial Alfaomega. Pág. 443.

D. G. Fink. Manual práctico de electricidad para ingenieros. 11ª edición, editorial ReverteS. A. Pág. 2-61...2-68.

Charles K. Alexander y Matthew N. O. Sadiku. Fundamentos de circuitos eléctricos. Tercera edición. Editorial Mc Graw-Hill.

10.4. Programa de Medición

10.4.1. Montaje Experimental y Mediciones para el filtro pasa altas.

a. Realice el montaje indicado en la figura 10.2, con $R = 22k\Omega$ y $C = 0.001\mu F$. En el circuito, la fuente es el generador de señales. Calcule la frecuencia de corte (f_c) con los valores indicados. Anote este valor en la tabla 10.1. Para cada frecuencia de la tabla 10.1, calcule y registre los valores de V_{sal} en la resistencia R y de X_C.

b. Ajuste el nivel de salida del generador en 10 V_{pp} a 1KHz. Con el fin de verificar si el circuito funciona de manera adecuada, haga un barrido de frecuencia de salida del generador de 10 HZ a 100 kHZ mientras observa la señal de salida en R. Si el circuito funciona de manera apropiada, siga el siguiente paso.

c. Coloque la salida del generador en 10 V_{pp} y aplique cada una de las frecuencias de la tabla 10.1. Mida y registre la señal de salida en R para cada circuito.

d. Apague el generador de funciones y complete la tabla 10.1.

e. Incremente tanto R como C (por ejemplo $R = 10k\Omega$ y $C = 470\mu F$) y repita los pasos de **a** hasta **d**.

Frecuencia *f* / Hz	X_C / Ω	V_{sal}/ V_{pp} Teórico	V_{sal}/ V_{pp} Medido	V_{sal} Porcentaje, %
100				
500				
1K				
2K				
5K				
$f_c =$				
10K				
20K				
50K				
100K				
200K				

Tabla 10.1 Filtro pasa altas.

10.4.2. Montaje Experimental y Mediciones para el filtro pasa bajas.

a. Repita los pasos del filtro pasa altas; pero ahora observará la señal de salida en el capacitor C para cada entrada. Completa la tabla 10.2.

Frecuencia *f* / Hz	X_C / Ω	V_{sal}/ V_{pp} Teórico	V_{sal}/ V_{pp} Medido	V_{sal} Porcentaje, %
100				
500				
1K				
2K				
5K				
10 K				
$f_c =$				
20K				
50K				
100K				
200K				

Tabla 10.2 Filtro pasa bajas.

10.5.Análisis de Datos

10.5.1 Escriba las conclusiones obtenidas en cada ítem.

10.5.2 Simule en el software CircuitMaker o Proteus los dos filtros que se utilizaron en la parte experimental.

10.5.3 En papel semilogaritmico trace la curva de respuesta en frecuencia del filtro RC pasa altas. Este tipo de papel permite abarcar toda la gama de frecuencias de sus datos. En la grafica obtenida indique y rotule el punto de potencia media.

10.5.4 ¿Por qué el punto de 70.7% en ocasiones se denomina punto de potencia media?

10.5.5 En otra hoja realice el gráfico de respuesta en frecuencia del filtro RC pasa bajas. Indique y rotule el punto de potencia media.

10.5.6 Si el valor del capacitor en un filtro RC pasa altas se reduce, ¿qué le pasará al ancho de banda del circuito?

10.5.7 Dibuje un circuito que pudiera usarse como filtro pasa altas empleando sólo un resistor y un inductor.

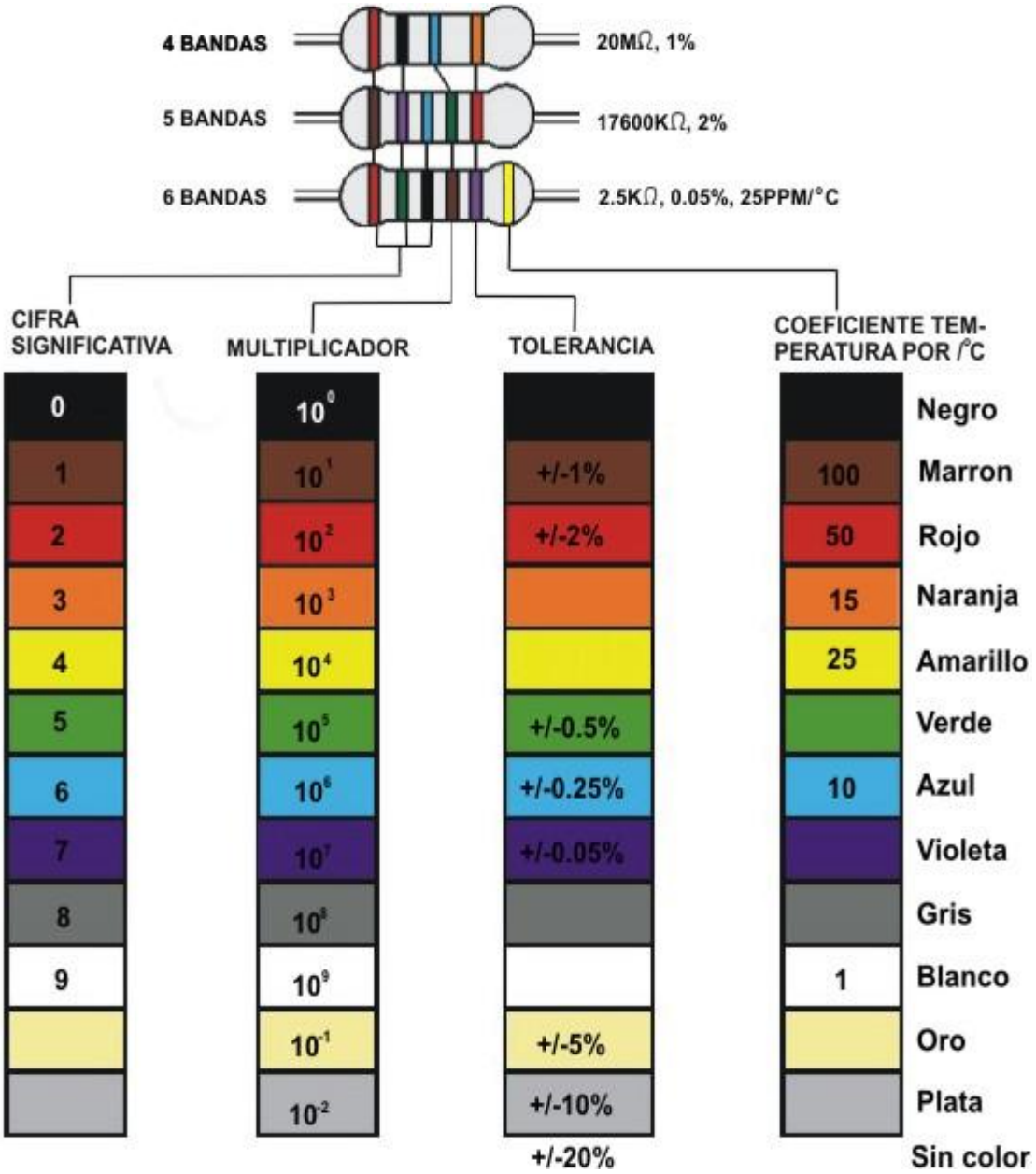
10.5.8 Simule en CircuitMaker o Proteus un circuito filtro que debe bloquear "efectivamente" las frecuencias mayores que 20 KHZ.

10.5.9 Diseñe, construya y pruebe un circuito filtro que debe bloquear "efectivamente" las frecuencias mayores que 20 KHz.

ANEXOS

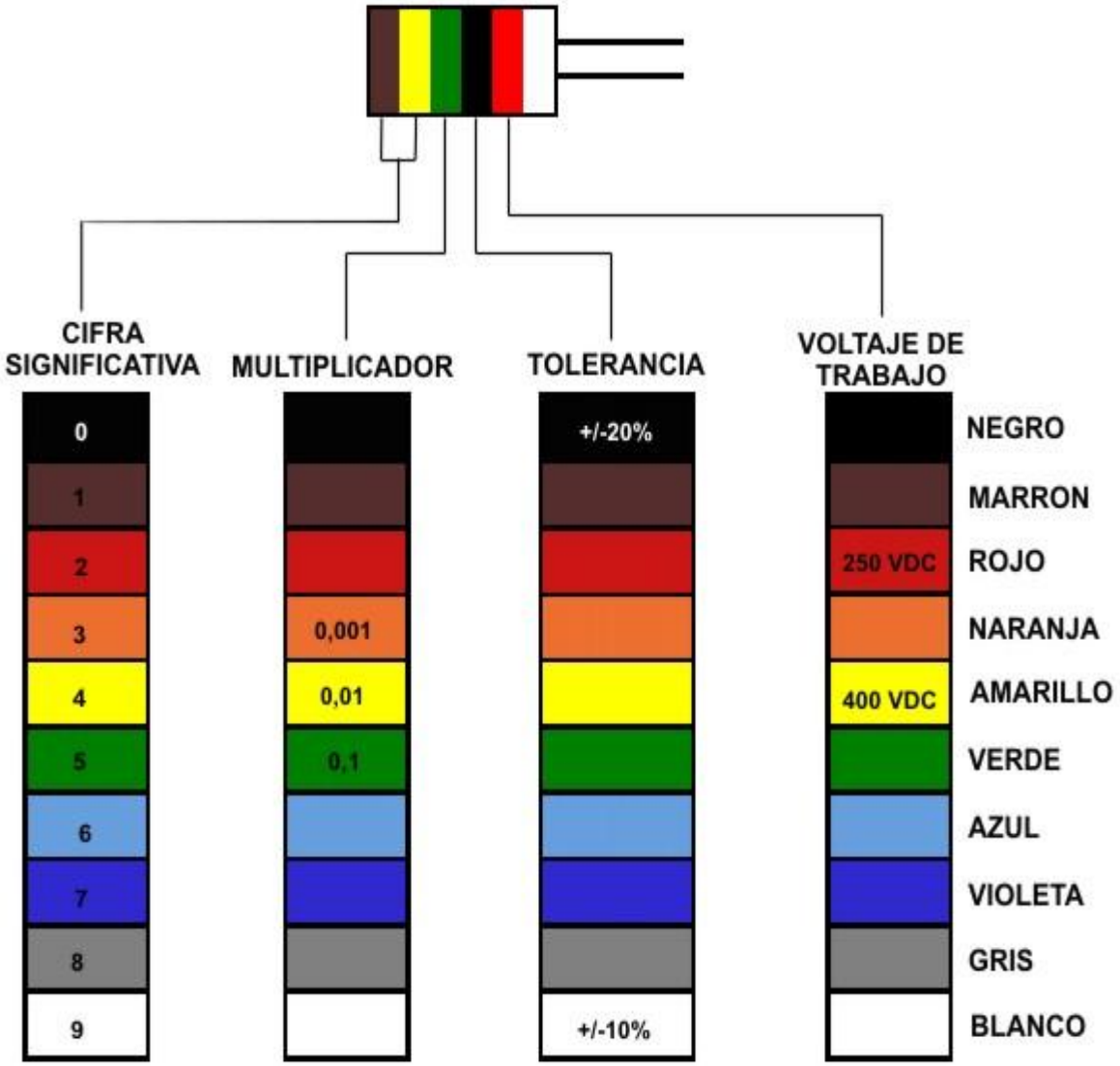
ANEXO 1

Código de colores de las resistencias de carbón



ANEXO 2

Código de colores de los condensadores de Poliester

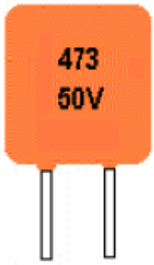


ANEXO 3

Código de colores para los capacitores no electrolíticos

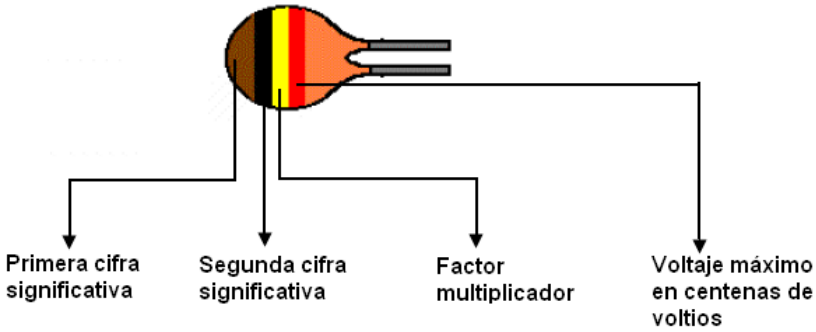
El código consiste en un número entero formado por tres dígitos. Los dos primeros corresponden a la capacidad del capacitor y el tercero es el factor multiplicado o el número de ceros que hay que agregarle al valor de la capacidad obtenida de los dos primeros dígitos. El resultado se lee en picofaradio (*pF*)

La figura muestra un ejemplo



Según la figura, la capacitancia del capacitor es 47000*PF*=47*nF*

A continuación se muestra otro caso de capacitares no electrolíticos que tienen franjas de colores y los cuales utilizan el mismo código de colores de los resistores.



De acuerdo con el código, la capacitancia es:

Café	Negro	Amarillo	Rojo
1	0	4	2*100V

C = 100000*Pf*, con máximo voltaje 200*V*

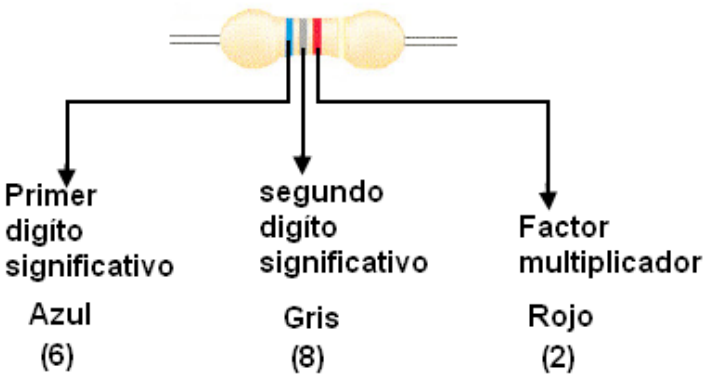
ANEXO 4

Código de colores para los inductores

Se presentan dos casos:

- Cuando la inductancia del inductor aparece impresa en el cuerpo del inductor

- Cuando la inductancia del inductor aparece en el cuerpo con franjas de colores



El resultado se lee en microhenrios(μH). La inductancia para el caso anterior es igual a

$6800\mu H$

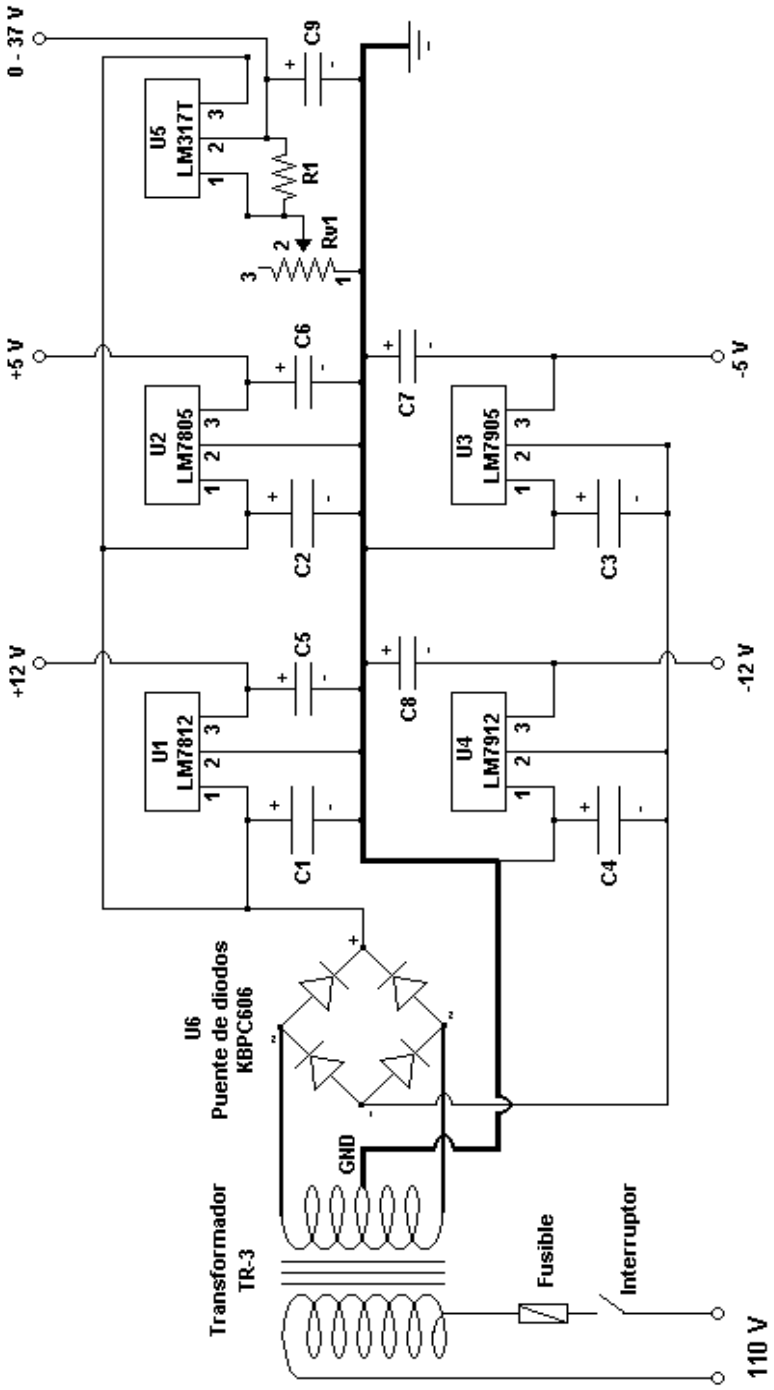
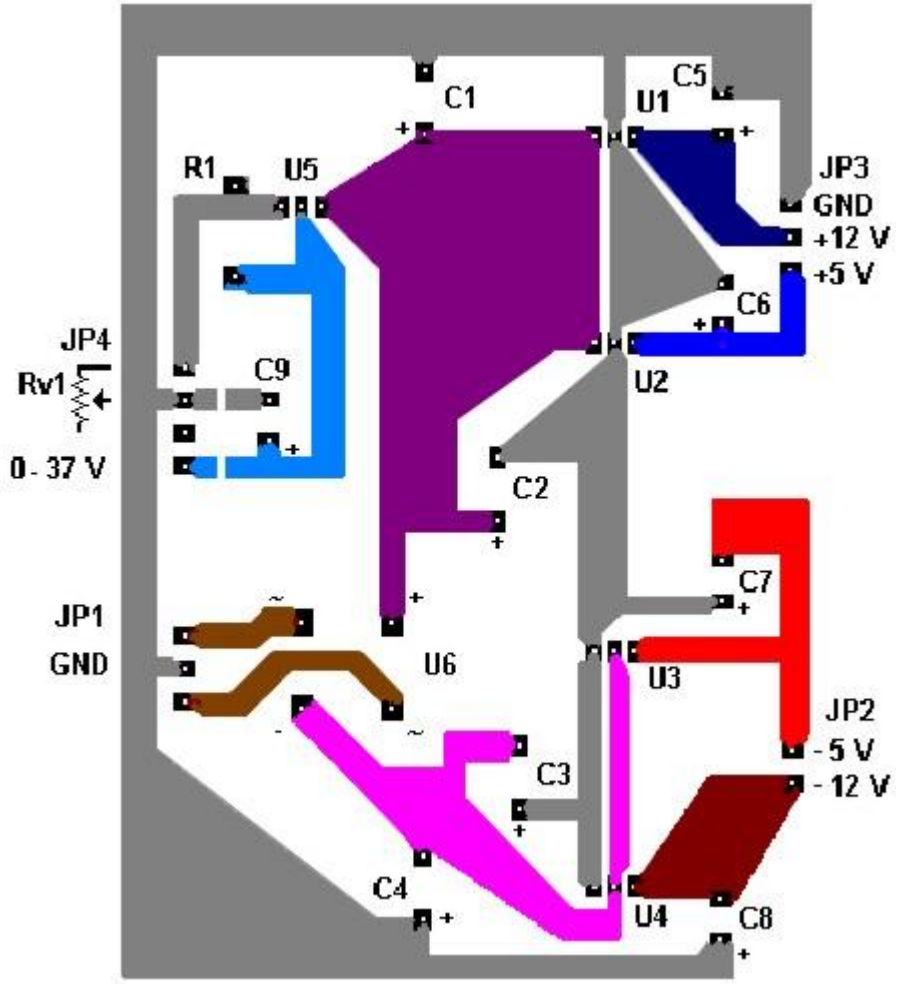
ANEXO 5

Elementos requeridos en la construcción de una fuente de voltaje DC con salidas de ±12V, ±5V y una salida variable de 0 a 37V

A5.1 Listado de elementos

ÍTEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
1	1	Baquelita para circuitos impresos (10 x 13 cm^2)
2	1	Cloruro férrico
3	1	Cable dúplex No. 16
4	1	Clavija
5	1	Fusible de 1 A
6	1	Portafusible
7	1	Interruptor con piloto indicador
8	1	Caja metálica
9	1	Transformador TR-3
10	1	LM7812
11	1	LM7805
12	1	LM7912
13	1	LM7905
14	1	LM317T
15	1	KBPC606 (puente de diodos)
16	4	Condensadores de 2200 μF a 50 V
17	5	Condensadores de 47 μF a 25 V
18	1	Resistencia de 240 Ω
19	1	Resistencia variable de 5 KΩ (potenciómetro)
20	2	Conectores para impresos de 3 pines
21	1	Conector para impresos de 2 pines
22	1	Conector para impresos de 4 pines
23	6	Conectores de banana
24	2	Tableta de conectores de 4 posiciones
25	4	Tornillos de 1½” con tuerca
26	2	Tornillos de ½” con tuerca
27	4	Tornillos golosos de ¼”

A5.2 Diagrama electrónico de la fuente



A5.3 Diagrama del circuito impreso