

II. GUÍAS DE LABORATORIO

CIRCUITOS ELÉCTRICOS 1

Las guías de laboratorio para el curso de Circuitos Eléctricos 1 tienen como fin que el alumno conozca y aprenda a manipular los instrumentos de medición que tiene disponibles en el laboratorio. Por otra parte se espera que comprenda las limitantes y características de dichos instrumento; que conozca y aprenda a manipular los componentes de la electrónica básica en la elaboración los circuitos experimentales. Todas las guías deben de cumplir con objetivos específicos que fueron establecidos según el contenido del tema que han de reforzar experimentalmente. La siguiente tabla sugiere un cronograma de acuerdo a los temas impartidos en el curso.

Cuadro II-1. Cronograma sugerido para la utilización
de las guías de laboratorio de Circuitos Eléctricos 1

| TEMA | GUÍA A ELABORAR |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Introducción a los números complejos • Definición • Forma rectangular • Forma polar • Operaciones • Forma exponencial • Ejemplos | <ul style="list-style-type: none"> ○ Instrumentos de laboratorio |
| <ul style="list-style-type: none"> • Introducción de circuitos • Definiciones y terminología • Sistemas de unidades • Corriente alterna • Corriente directa • Fasor • Transformada Fasorial • Potencia y energía | <ul style="list-style-type: none"> ○ Amperímetro |
| <ul style="list-style-type: none"> • Elementos de circuitos • Elementos pasivos • Elementos activos • Fuentes de voltaje y de corriente • Independientes • Dependientes • Ley de Ohm • Impedancia | <ul style="list-style-type: none"> ○ Voltímetro |
| <ul style="list-style-type: none"> • Circuitos simples • Leyes de Kirchooff • Resistencias en serie • Resistencias en paralelo • Divisores de voltaje • Divisores de corriente • Conversión Delta-Estrella • Analogía en AC • Ejemplos | <ul style="list-style-type: none"> ○ Kirchoff ○ Resistencias en serie y paralelo |

| | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Técnicas de resolución de circuitos • Teorema de superposición • Método de voltajes en nodos • Método de corrientes en mallas • Analogía en AC | <ul style="list-style-type: none"> ○ Superposición ○ Sistemas de resolución de circuitos |
| <ul style="list-style-type: none"> • Inductancia y capacitancia • Inductor • Capacitor • Combinaciones serie - paralelo • Energía en capacitores e inductores | <ul style="list-style-type: none"> ○ Fuente de voltaje primera parte ○ Fuente de voltaje segunda parte |
| <ul style="list-style-type: none"> • Circuitos RL y RC • Circuitos RL • Circuitos RC • Respuesta del circuito RL al impulso tipo escalón • Respuesta del circuito RC al impulso tipo escalón • Circuitos con compuertas secuenciales | <ul style="list-style-type: none"> ○ Capitor ○ Inductor |
| <ul style="list-style-type: none"> • Circuitos RLC • Circuitos RLC paralelo • Circuitos RLC serie • Respuesta al impulso escalón de los circuitos RLC serie y paralelo • Circuitos con compuertas secuenciales | <ul style="list-style-type: none"> ○ Desoldar ○ Soldar ○ Circuito impreso |
| <ul style="list-style-type: none"> • Circuitos trifásicos balanceados • Circuitos trifásicos • Fuentes de voltaje trifásicas • Análisis del circuito Y-Y • Análisis del circuito Δ-Y • Análisis del circuito Y-Δ • Análisis del circuito Δ-Δ | <ul style="list-style-type: none"> ○ Configuración Delta - Estrella |
| <ul style="list-style-type: none"> • Diodos • Semiconductores • Diodo ideal • Curva característica del diodo • Circuitos simples con diodos • Diodo zener | <ul style="list-style-type: none"> ○ Diodo ○ Aplicaciones de diodos ○ Zener |
| <ul style="list-style-type: none"> • Transistores • Curva característica del transistor • Modos de operación del transistor • Circuitos simples con transistores | <ul style="list-style-type: none"> ○ Transistor ○ Aplicaciones de transistor |
| <ul style="list-style-type: none"> • Amplificador Operacional • Amplificador Operacional • Amplificador Operacional ideal • Características de voltaje y corriente • Circuito comparador • Circuito amplificador inversor • Circuito amplificador no inversor • Circuito integrador • Circuito diferenciador • Circuito sumador • Modo diferencial | <ul style="list-style-type: none"> ○ Amplificador Operacional ○ Amplificador Operacional como comparador de voltaje ○ Amplificador Operacional como integrado y derivador |

A. GUÍA DE LABORATORIO: AMPERÍMETRO

En esta guía de laboratorio se utilizan las conexiones de tipo paralelo para construir un amperímetro. Se desea que el alumno comprenda el funcionamiento del amperímetro para que de esta forma pueda tener conocimiento de las limitaciones del aparato y de cómo modificar su alcance.

1. Objetivos

- Comprender cómo se construyen las escalas para un medidor.
- Identificar la configuración equivalente de resistencias que forman el amperímetro.
- Reconocer la interacción entre el circuito del amperímetro y un circuito externo.
- Aplicar el concepto de división de corriente.
- Reconocer las limitaciones de medición del instrumento utilizado.
- Identificar las posibles fuentes de error cometidas durante las mediciones de corriente.

2. Fundamentos teóricos

a. **Amperímetro.** Un amperímetro es un instrumento diseñado para medir intensidades de corriente eléctrica. Posee dos características importantes: su resistencia interna y el fondo de escala. Por la naturaleza de la medida, es un instrumento que ha de conectarse en serie, de modo que por el pase toda la corriente que se desea medir.

b. **Resistencia interna.** Como se mencionó anteriormente, el amperímetro es un instrumento que se conecta en serie, por lo que pasa a ser parte del circuito a medir. Para no alterar las condiciones del circuito en el que se introduce, la resistencia interna del amperímetro (r_i) debe ser muy pequeña.

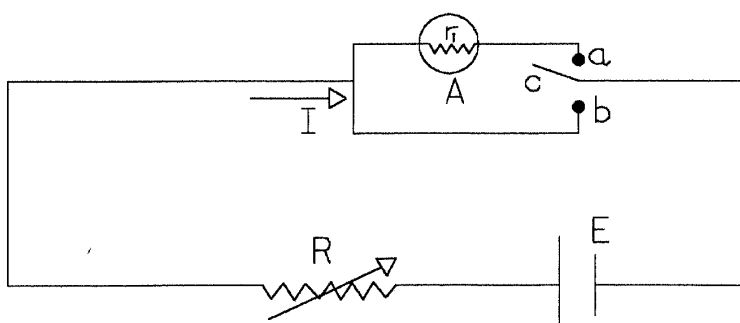


Figura A-1. Circuito interno del amperímetro

Si se pone en contacto el interruptor c con la posición b, se construye el circuito cuya intensidad de

$$I = \frac{E}{R}$$

corriente tendrá el valor de

Si se pone en contacto el interruptor c con la posición a, se intercala el miliamperímetro, introduciendo una alteración al funcionamiento del circuito debido a la resistencia del amperímetro, que se nombra como

$$I' = \frac{E}{(R + r_i)}$$

resistencia interna (r_i) la corriente se ve modificada y tendrá el nuevo valor dado por

Por lo tanto, observando la ecuación se ve que mientras más pequeña sea r_i , será despreciable respecto de R , por lo que será una buena aproximación a la corriente real ($I \approx I'$).

c. Fondo de escala. El miliamperímetro está diseñado de tal forma que, la desviación que experimenta la aguja sea proporcional a la corriente que circula por el mismo. Dado que la resistencia interna de este instrumento debe ser muy pequeña, las corrientes permitidas no pueden ser muy altas, debido a que el efecto calorífico quemaría la bobina del instrumento y la potencia sería mayor a la que dicha resistencia puede soportar. El fabricante especifica la máxima corriente que puede circular, sin que el instrumento se deteriore, de tal forma que ajusta la máxima desviación de la aguja a un nivel máximo de corriente.

Es posible hacer un uso más general del mismo si se conecta en paralelo con él instrumento, una resistencia llamada resistencia shunt (R_s). La corriente a medir se repartirá entre ambas ramas y eligiendo adecuadamente el valor de la resistencia shunt se podrá dividir tanta corriente como se desee, de manera que la corriente que se desee medir podrá ser mucho mayor que la que permite el miliamperímetro.

Sólo resta conocer la relación que existe entre cada marca del miliamperímetro y la corriente principal que se reparte en la conexión paralelo (r_i y R_s). Si se desea que en el circuito principal pueda circular una corriente del doble, que la permitida por el fondo de escala del amperímetro, basta con conectar una resistencia shunt de igual valor que el de la resistencia interna del aparato. Entonces para cada marca el factor de escala es de 2.

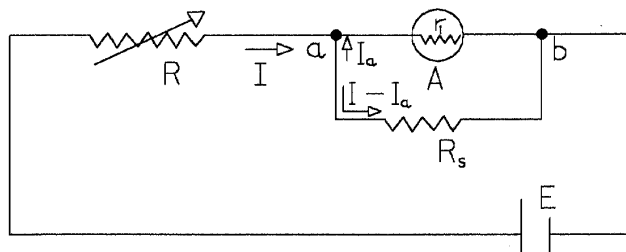


Figura A-2. Circuito interno del amperímetro con modificación del fondo de escala

Aplicando la ley de Ohm entre los puntos a y b se obtiene: $R_s = r_i \left[\frac{I_a}{(I - I_a)} \right]$ Si $I = I_a$ entonces $R_s = r_i$.

3. Laboratorio

Cuadro A-1. Materiales para la guía del amperímetro

| Cantidad | Descripción |
|----------|---------------------------------------|
| 1 | Resistencia de 1 Ω para 1 Watt |
| 1 | Potenciómetro de 1 k Ω |
| 1 | Potenciómetro de 100 Ω |
| 2 | Multímetro |
| | Fuente de voltaje |

Para determinación de la resistencia interna de un miliamperímetro se usara el siguiente circuito:

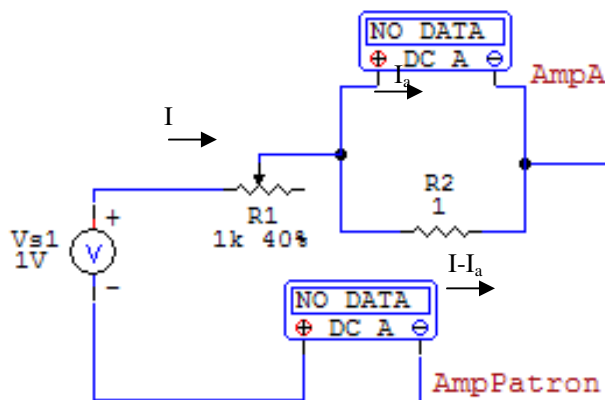


Figura A-3. Circuito para la medición de la resistencia interna del amperímetro

Donde AmpA es el amperímetro analógico y AmpPatrón es el amperímetro digital. AmpA debe de colocarse en la escala más pequeña que pueda medir. El amperímetro digital debe adaptarse a la escala que requiera el circuito.

El procedimiento se debe realizar de la siguiente manera: se debe colocar la fuente de 1 voltio. Luego, con ayuda del potenciómetro de 1 k Ω , proporcionar la corriente de modo que en AmpA se pueda leer 10 diferentes corrientes a lo largo de la escala seleccionada. Con las mediciones hechas por el amperímetro Patrón y el amperímetro analógico debe llenar la siguiente tabla.

Cuadro A-2. Mediciones de la resistencia interna del amperímetro

| I _a | I | I - I _a | I _a /R |
|----------------|---|--------------------|-------------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

La resistencia interna se determina en forma indirecta. La pendiente de la recta que se obtiene de representar gráficamente (I - I_a) vs. (I_a/R₂) ya que al aplicar la ley de Ohm se deduce que:

$$I_a * r_i = (I - I_a)R_2 \Rightarrow (I - I_a) = r_i \left(\frac{I_a}{R_2} \right)$$

Representar gráficamente (I - I_a) en función de (I_a/R₂). Determinar gráficamente la pendiente y con ello el valor de la resistencia interna.

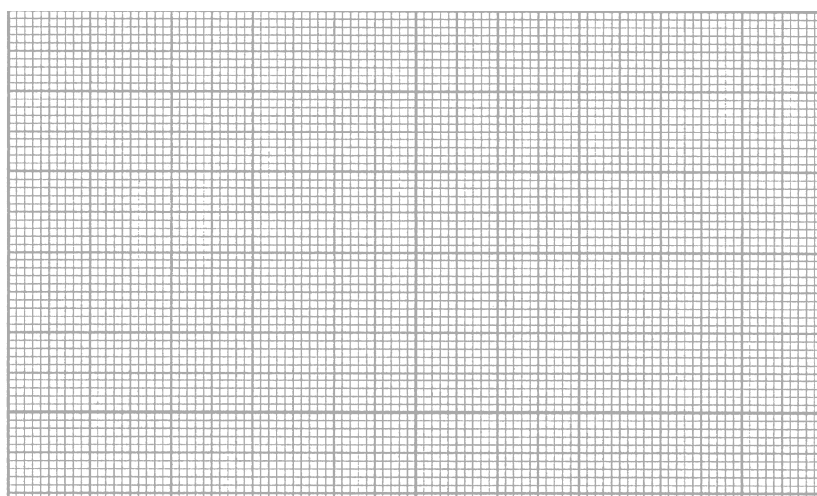


Figura A-4. Curva de regresión de la resistencia interna del amperímetro

La Pendiente en la curva de regresión es: $r_i = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$

Ahora para ampliar el fondo de escala se debe determinar de la resistencia shunt. Por lo que se desea construir un miliamperímetro capaz de medir el doble de su fondo de escala, es decir que $I = 2I_a$.

La resistencia en corto se determina así: $R_s = \left[\frac{I_a}{I - I_a} \right] r_i = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$.

Por lo tanto, como ya conoce el nuevo valor de R_s . Reemplace R_2 por el potenciómetro de 100Ω y posicione en la resistencia deseada. Variando la posición en el Potenciómetro R_1 , tomar 10 medidas de las magnitudes indicadas en la siguiente tabla.

Cuadro A-3. Mediciones del fondo de escala del amperímetro

| I_a | I |
|-------|-----|
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

Representar gráficamente I en función de I_a . Determinar gráficamente la pendiente y con ello el verdadero factor de escala $K = \underline{\hspace{2cm}}$.

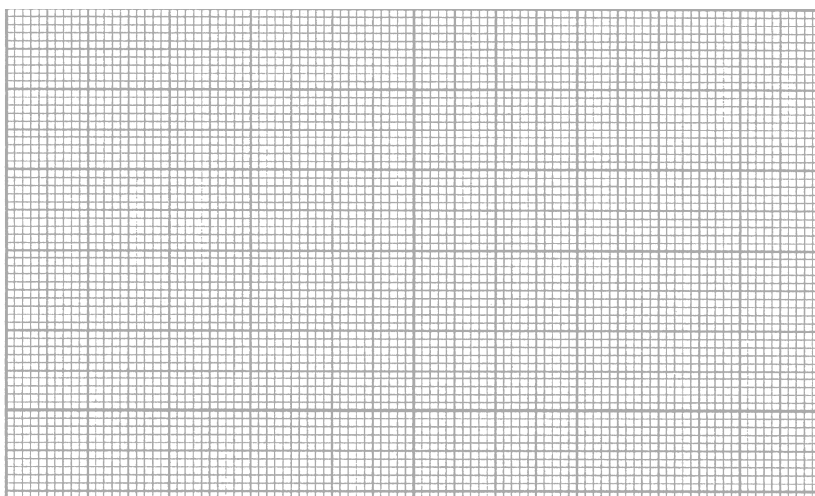


Figura A-5. Curva de regresión del fondo de escala del amperímetro

¿Cómo se ha de conectar un amperímetro en un circuito, en serie o en paralelo? _____

Explique cómo ha de ser su resistencia interna _____

B. GUÍA DE LABORATORIO: AMPLIFICADOR OPERACIONAL (OPAM)

En esta guía de laboratorio el alumno debe utilizar y conocer los amplificadores operacionales. Como práctica de laboratorio se presenta circuitos de uso práctico, que el alumno puede aplicar en el diseño de futuros circuitos que ha de desarrollar en los siguientes cursos.

1. Objetivos

- Conocer el funcionamiento de un amplificador operacional.
- Identificar la relación y limitaciones del amplificador operacional con respecto al voltaje que lo alimenta.
- Analizar el funcionamiento de un amplificador operacional en configuración de seguidor, sumador y restador de señales.

2. Fundamentos teóricos

a. Amplificador Operacional. El amplificador operacional ideal, es un dispositivo acoplado directamente y responde solo a la diferencia de voltaje entre sus terminales de entrada y no al potencial común entre ellas. Una señal positiva en la entrada inversora (-), produce una señal negativa de salida. Esa misma señal de entrada a la terminal no inversora (+), producirá una salida positiva.

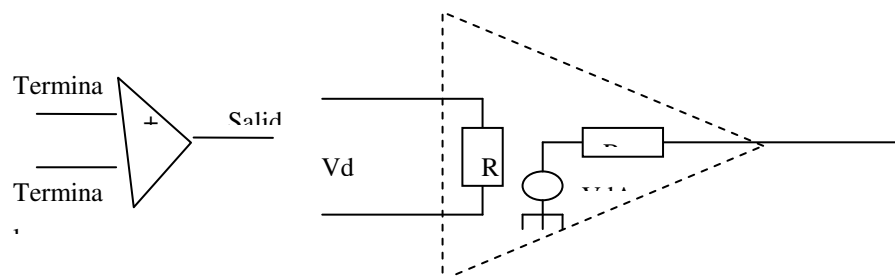


Figura B-1. Circuito del amplificador operacional

Al observar el diagramas se nota que la función del amplificador operacional es tomar el valor del voltaje entre las terminales de entrada (V_d) y multiplicarlo por la ganancia de voltaje de lazo abierto (A_o) del amplificador, por lo que entrega como voltaje de salida $V_o = A_o V_d$.

Es importante recalcar que siempre se utilizarán las dos entradas, pero su conexión dependerá de la aplicación.

Se supone que un amplificador operacional es un dispositivo muy cercano a lo ideal si posee las siguientes características:

- Ganancia infinita. Hace que el funcionamiento del amplificador sea enteramente dependiente de la entrada y de las redes de retroalimentación.
- Resistencia de entrada infinita. Esto asegura que no fluya corriente en las terminales de entrada.
- Resistencia de salida nula. Garantiza que el amplificador no se afecte por la carga.
- Voltajes y corrientes de compensación nulos (offset). Asegura que cuando el voltaje de entrada es nulo, el voltaje de salida también lo es, independientemente de la resistencia del generador o fuente de señal de entrada.
- Ancho de banda infinito. En caso de ser verdad para un amplificador operacional, significa que se preserva un ancho de banda desde 0 hasta una frecuencia infinita, con un tiempo de respuesta nulo y sin que el ángulo de fase cambie con la frecuencia. Esta es la única especificación con la que no cumplen los amplificadores operacionales, en la práctica tienen ancho de banda finito.

b. Especificaciones del amplificador operacional. Una buena forma de entender el funcionamiento del amplificador operacional es analizar las hojas de especificaciones que el fabricante proporciona. Normalmente se encuentran especificaciones de la siguiente información:

1) Tolerancias máximas. Las tolerancias máximas son los valores máximos que el amplificador puede soportar con seguridad, sin llegar a la posible destrucción del dispositivo.

- Voltaje de alimentación $+V_{cc}/-V_{cc}$: es el voltaje máximo positivo y negativo que puede usarse para alimentar o polarizar el amplificador operacional.
- Potencia interna de disipación P_d : es la potencia máxima que el amplificador operacional es capaz de disipar, bajo condiciones de temperatura ambiente.
- Voltaje diferencial de entrada (V_d): es el voltaje máximo que puede aplicarse a través de las entradas.

- Voltaje de entrada: es el voltaje máximo de entrada que puede aplicarse simultáneamente entre ambas entradas y tierra. También se refiere al voltaje de modo común. En general, este voltaje máximo es igual al voltaje de la fuente de alimentación.
- Temperatura de operación T_a : es la tolerancia de la temperatura ambiente en la que operaría el amplificador conforme a las especificaciones del fabricante.
- Temperatura de almacenamiento: es la tolerancia de la temperatura ambiental sólo de almacenamiento. Comparada con la temperatura de operación, será mayor.
- Duración del corto circuito a la salida: es el tiempo que la salida puede estar en corto circuito. Esto se refiere a cuánto tiempo puede estar la salida conectada a tierra, o a cualquier fuente de alimentación.
- Temperatura en terminales: se refiere a la temperatura de soldadura, que en general es de 300°C. Para algunos amplificadores se especifica el tiempo máximo de soldadura, que por lo general es de 10 segundos.

2) Características eléctricas. Por lo general, las características eléctricas se especifican para algunas condiciones como: voltaje de la fuente de alimentación, temperatura ambiente, resistencia de carga particular, voltaje de salida, resistencia del generador o de la etapa anterior, etc. Normalmente cada parámetro tendrá un valor mínimo, característico y/o un valor máximo.

3) Parámetros de entrada.

- Voltaje de compensación de entrada (V_{io}): este es el voltaje que debe de aplicarse a una u otra de las terminales de entrada, para que el voltaje de salida sea cero. Para un amplificador operacional ideal, este voltaje es cero.
- Coeficiente térmico del voltaje de entrada, αV_{io} : es la razón de los cambios del voltaje offset de entrada con respecto a la temperatura ambiente $\Delta\mu V/\Delta^\circ C$.
- Corriente de polarización de entrada (I_{ib}): es el promedio de las corrientes que circulan entre ambas entradas.

$$I_{ib} = \frac{I_{ib_1} + I_{ib_2}}{2}$$

- Corriente de compensación de entrada (I_{io}): es la diferencia entre las dos corrientes de polarización de entrada, cuando el voltaje de salida es cero.

$$I_{io} = abs(I_{ib_1} - I_{ib_2})$$

- Tolerancia del voltaje de entrada (V_{mc}): se trata del voltaje común para ambas entradas con respecto a tierra.
- Resistencia de entrada (R_i o Z_i): es la resistencia vista desde cualquier terminal de entrada hacia adentro, con la otra terminal conectada a tierra.
- Capacitancia de entrada: es la capacitancia entre las terminales de entrada, en pF.

4) Parámetros de salida.

- Resistencia de salida (R_o): es la resistencia vista desde la terminal de salida y tierra hacia adentro del amplificador.
- Corriente de salida en corto circuito (I_{osc}): es la máxima corriente de salida que puede entregar el amplificador operacional a una carga.
- Variación del voltaje de salida ($\pm V_o$ máximo): este es el voltaje máximo de salida que el amplificador puede entregar a la carga, sin distorsión o corte. Depende de las fuentes de polarización y de la resistencia de carga.

5) Parámetros dinámicos.

- Ganancia de voltaje en lazo abierto (A_o): es la razón del voltaje de salida de entrada del amplificador operacional de lazo abierto, cuando no hay retroalimentación externa.
- Ganancia de voltaje para señales grandes: está definida como la razón de la variación máxima del voltaje de salida, al cambio de voltaje de entrada necesario para introducir en la salida un voltaje que varíe de cero a un valor específico.
- Rapidez de respuesta o velocidad de cambio (S_r): se define como la razón de cambio del voltaje máximo de salida respecto al tiempo (dV_o/dt).

3. Pre-Laboratorio. Resolver el siguiente circuito y calcular la corriente que pasa por R_L . Asumir que se trata de un amplificador operacional ideal.

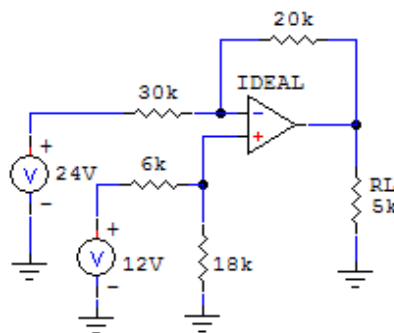


Figura B-2. Circuito con amplificador operacional para tarea

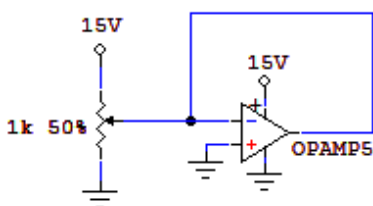
4. Laboratorio

Cuadro B-1. Materiales para la guía del amplificador operacional

| Cantidad | Descripción |
|----------|------------------------------|
| 4 | Resistencia de 1k Ω |
| 1 | Resistencia de 8.2k Ω |
| 1 | LM348 (ó 3 LM741) |
| 2 | Potenciómetros 1k Ω |

Luego de construir los circuitos, deberá identificar la operación básica que representa cada circuito (suma, resta o amplificación) y además su polaridad respecto de la entrada.

Construir el circuito que presenta la figura. Comprobar que la ganancia es de $A_v=1$.



Cuadro B-2. Mediciones del experimento uno

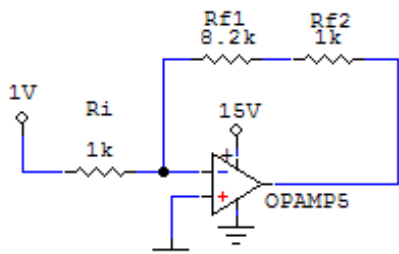
| VOLTAJE | |
|---------|--|
| Vin | |
| Vout | |

Figura B-3. Amplificador del experimento uno

Este circuito es muy importante ya que nos permite tener un valor de potencial independiente de la impedancia del circuito anterior, por lo que se puede utilizar como una fuente de voltaje.

¿Cuál es la característica del amplificador que nos permite utilizarlo como fuente de voltaje? _____

Construir el circuito que se encuentra en la figura. Proporcionar el voltaje de entrada utilizando un seguidor.



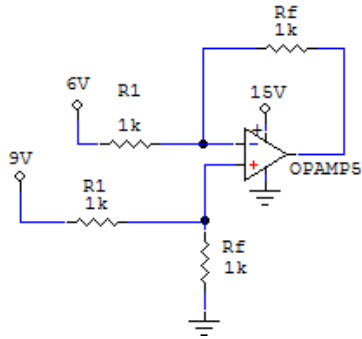
Cuadro B-3. Mediciones del experimento dos

| VOLTAJE | |
|---------|--|
| Vin | |
| Vout | |

Figura B-4. Amplificador del experimento dos

¿Qué tipo de amplificador es este circuito? _____

Construir el circuito que se encuentra en la figura. Proporcionar el voltaje de entrada utilizando un seguidor.



Cuadro B-6. Mediciones del experimento cinco

| VOLTAJE | |
|---------|--|
| Vin | |
| Vout | |

Figura B-7. Amplificador del experimento cinco

$$V_o = -\frac{R_f}{R_1}(V_2 - V_1) = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

¿Qué tipo de amplificador es este circuito? _____

C. GUÍA DE LABORATORIO: AMPLIFICADOR OPERACIONAL COMO COMPARADOR DE VOLTAJE

En esta guía de laboratorio el alumno utilizará amplificadores operacionales en circuitos de uso común, que podrá aplicar en el diseño de futuros circuitos que ha de desarrollar en los siguientes cursos.

1. Objetivos

- Reforzar el aprendizaje del uso de amplificadores operacionales.
- Comprender y analizar el funcionamiento de un amplificador operacional en la configuración de comparador de voltaje.
- Crear comparaciones de voltaje en la configuración de ventana.
- Construir un generador de función con frecuencia específica utilizando la configuración de comparador de voltaje.

2. Fundamentos teóricos

a. Comparador de voltaje. Un comparador es un circuito que señala el estado de relación de los potenciales de sus dos entradas. Si una entrada es la referencia y la otra es desconocida, la salida del comparador indicará que la señal desconocida está arriba o abajo del voltaje de referencia. Un amplificador básico operacional como circuito comparador es:

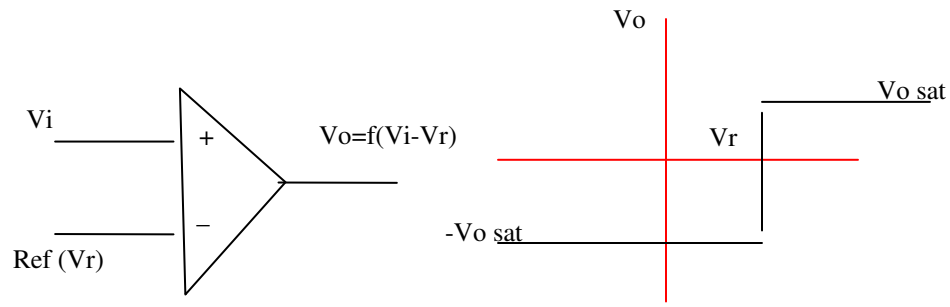


Figura C-1. Comparador básico

En la gráfica anterior V_r es un voltaje positivo aplicado a la entrada inversora (-) del amplificador operacional, y V_i es un voltaje desconocido a la entrada no inversora. Cuando V_i es menor que el voltaje de referencia V_r , la salida del amplificador operacional se irá al límite de saturación negativa, $-V_o \text{ sat}$. Al aumentar V_i y ser mayor que V_r , la salida del amplificador cambiará y se saturará al nivel positivo $+V_o$.

En este circuito el amplificador operacional funciona en la condición de lazo abierto, por esto la diferencia de voltaje pico a pico requerido para cambiar la salida de un estado a otro es muy pequeña, y esencialmente sería:

$$V_i - V_r = \frac{[+V_{o \text{ sat}}] - [-V_{o \text{ sat}}]}{A_o}$$

Donde A_o es la ganancia de voltaje en lazo abierto del amplificador operacional, la cual siempre es muy grande. Por eso para producir el cambio de estado en la salida, el voltaje diferencial de entrada normalmente será del orden de algunos cientos de micro voltios.

El factor dominante que determina la conmutación es el voltaje de compensación (offset), V_{io} del amplificador, alcanzando en algunos casos valores tan grandes como 10mV. Es por esta razón que en comparadores de precisión y dependiendo de la aplicación, este voltaje debe ser anulado.

En general, lo que se pretende es que un comparador sea capaz de cambiar los estados de salida lo más rápido posible. Por lo tanto, los comparadores operan sin retroalimentación negativa y no hay la necesidad

de usar compensación de frecuencia para estabilizar el amplificador, ya que ésta disminuye la velocidad de respuesta del amplificador en lazo abierto.

Eliminar la compensación, también aumenta la ganancia del amplificador operacional a alta frecuencia; este incremento en el intervalo de frecuencia, hará que el compensador tenga máxima sensibilidad. Una gran ganancia de lazo abierto, implica que se necesitará un pequeño voltaje en la entrada para iniciar la transición de la salida.

Dependiendo básicamente de la combinación de a qué terminal de entrada se aplica V_r , de si el voltaje de referencia es o no cero, del uso de la histéresis y de la definición de ventana de salida, se obtienen los siguientes tipos de comparadores o detectores:

- Detector de cruce por cero inversor y no inversor
- Detector de cruce por cero con histéresis inversor y no inversor
- Detector de nivel inversor y no inversor
- Detector de nivel con histéresis inversor y no inversor
- Comparadores de ventana
- Generador de onda cuadrada

3. Pre-Laboratorio. Resolver el siguiente circuito. Asumir que se trata de un amplificador operacional ideal.

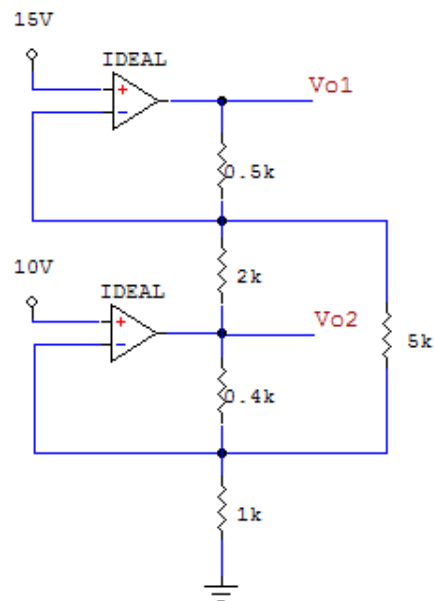


Figura C-2. Circuito comparador de voltaje para tarea

4. Laboratorio

Cuadro C-1. Materiales para la guía de OPAM como comparador de voltaje

| Cantidad | Descripción |
|----------|----------------------------|
| 3 | Resistencia de 1k Ω |
| 1 | LM348 Ω (ó 2 LM741) |
| 1 | Capacitor de 100nF |
| 1 | Capacitor de 200nF |
| 1 | Capacitor de 500nF |
| 1 | Capacitor de 1 μ F |
| 1 | Capacitor de 10 μ F |
| | Fuente de voltaje |
| | Generador de funciones |

Construir el siguiente circuito evaluar su comportamiento para la señal que se especifica en el diagrama. Recuerde que los voltajes de entrada deben de ser colocados por medio de un seguidor de voltaje.

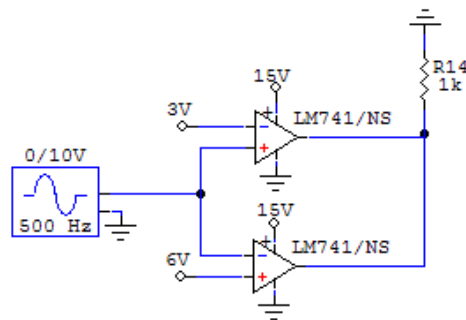


Figura C-3. Circuito amplificador del experimento uno

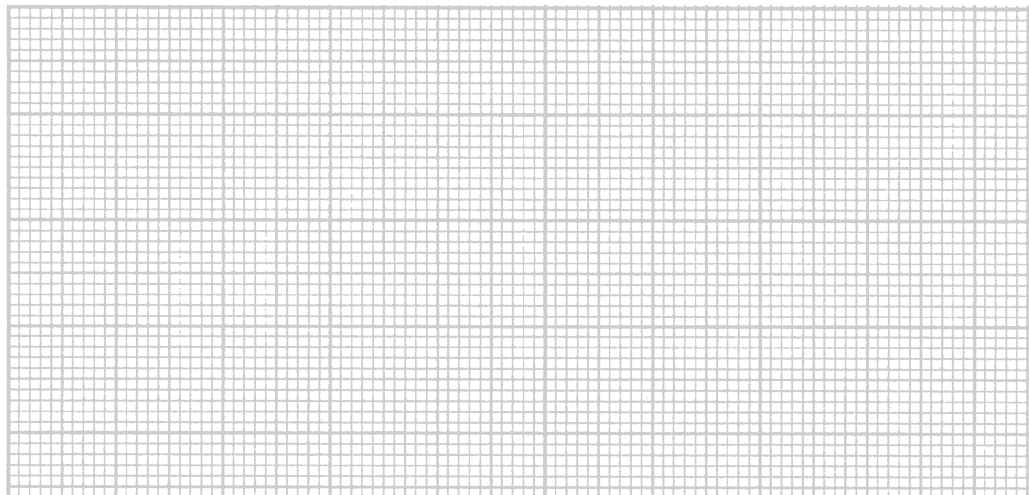


Figura C-4. Gráfica de los resultados del amplificador del experimento uno

¿Qué configuración de amplificador es este circuito? _____

Ahora construir el siguiente circuito. Observe su comportamiento.

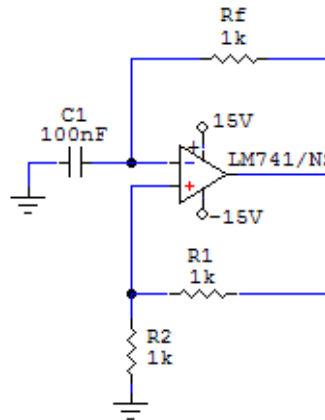


Figura C-5. Circuito amplificador del experimento dos

Cambie el capacitor y observar de nuevo. ¿Qué sucede al cambiar el capacitor? _____

¿Qué nombre se le da al comportamiento de este circuito? _____

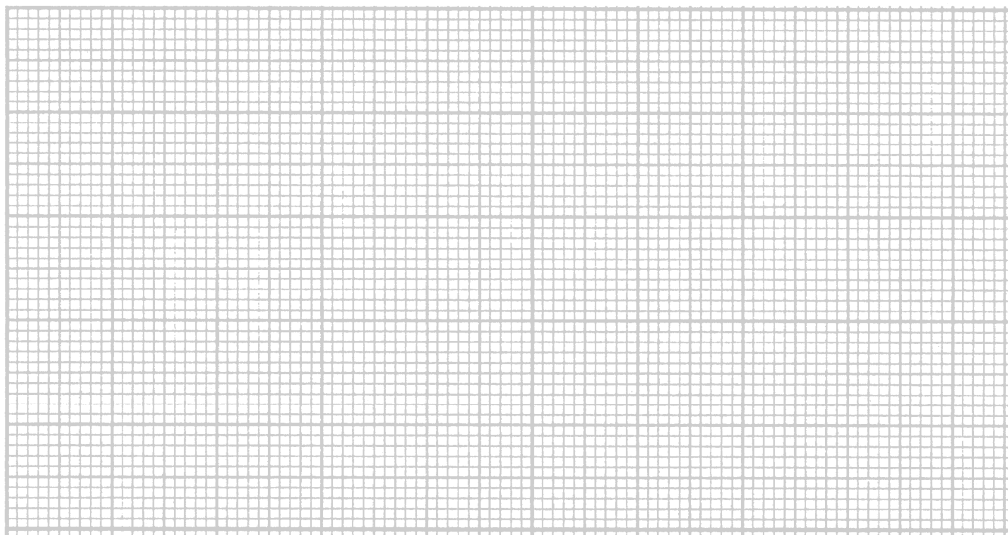


Figura C-6. Gráfica de los resultados del amplificador del experimento dos

D. GUÍA DE LABORATORIO: AMPLIFICADOR OPERACIONAL COMO INTEGRADOR Y DERIVADOR

En esta guía de laboratorio el alumno terminará de ampliar sus conocimientos sobre los amplificadores operacionales y practicará nuevas configuraciones básicas que luego podrá emplear en el desarrollo de proyectos en los cursos siguientes.

1. Objetivos

- Reforzar el aprendizaje del uso de amplificadores operacionales.
- Comprender y analizar el funcionamiento de un amplificador operacional en la configuración de integrador y derivador.
- Construir un generador de funciones utilizando las configuraciones que se enseñan a continuación de señal.

2. Fundamentos teóricos

a. Amplificador como derivador. La tensión de salida es proporcional a la derivada de la señal de entrada v_i y a la constante de tiempo ($t = RC$), la cual generalmente se hace igual a la unidad. Para efectos prácticos el diferenciador proporciona variaciones en la tensión de salida ocasionadas por el ruido para el cual es muy sensible, razón por la cual es poco utilizado.

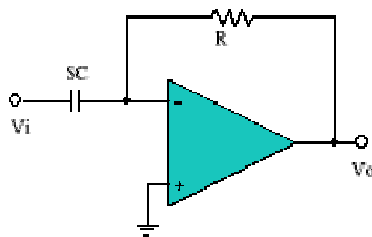


Figura D-1. Circuito del amplificador derivador

(En el dominio de la frecuencia)

$$v_o(s) = - \frac{R}{sC} v_i(s)$$

$$v_o(s) = -RCs v_i(s)$$

(En el dominio de tiempo)

$$v_o(t) = -RC \frac{d}{dt} v_i(t)$$

b. Amplificador como integrador. En este caso la red de realimentación está dada por un capacitor y la expresión de la tensión de salida es proporcional a la integral de la señal de entrada e inversamente proporcional a la constante de tiempo ($t = RC$), que generalmente se hace igual a la unidad.

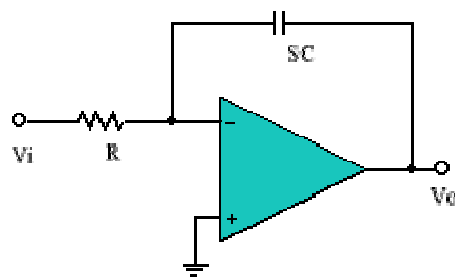


Figura D-2. Circuito del amplificador integrador

(En el dominio de la frecuencia)

$$v_o(s) = -\left(\frac{\cdot}{sC}\right) \frac{1}{R} v_i(s)$$

$$v_o(s) = -\frac{1}{R s C} v_i(s)$$

(En el dominio del tiempo)

$$v_o(t) = -\frac{1}{RC} \int_{-\infty}^t v_i(\tau) d\tau$$

$$v_o(t) = -\frac{1}{RC} \left[\int_{-\infty}^0 v_i(\tau) d\tau + \int_0^t v_i(\tau) d\tau \right]$$

La primera integral se hace cero ya que se suponen condiciones iniciales nulas, por tanto:

$$v_o(t) = -\frac{1}{RC} \int_0^t v_i(\tau) d\tau$$

3. Laboratorio

Cuadro D-1. Materiales para la guía de OPAM como integrador y derivador

| Cantidad | Descripción |
|----------|-------------------------------|
| 1 | LM 348 (ó 3 LM741) |
| 1 | Potenciómetro de 500 Ω |
| 4 | Resistencia de 1 k Ω |
| 1 | Resistencia de 5.1 k Ω |
| 3 | Resistencia de 10 k Ω |
| 1 | Resistencia de 15 k Ω |
| 1 | Resistencia de 220 k Ω |
| 1 | Resistencia de 470 k Ω |
| 3 | Capacitores 47 nF |
| 1 | Capacitores 220 nF |
| 1 | Capacitores 10 μ F |
| 1 | Transistor NPN 2N3904 |
| 1 | FET 2N3822 |
| | Osciloscopio |

Construir el circuito que se muestra en el siguiente diagrama.

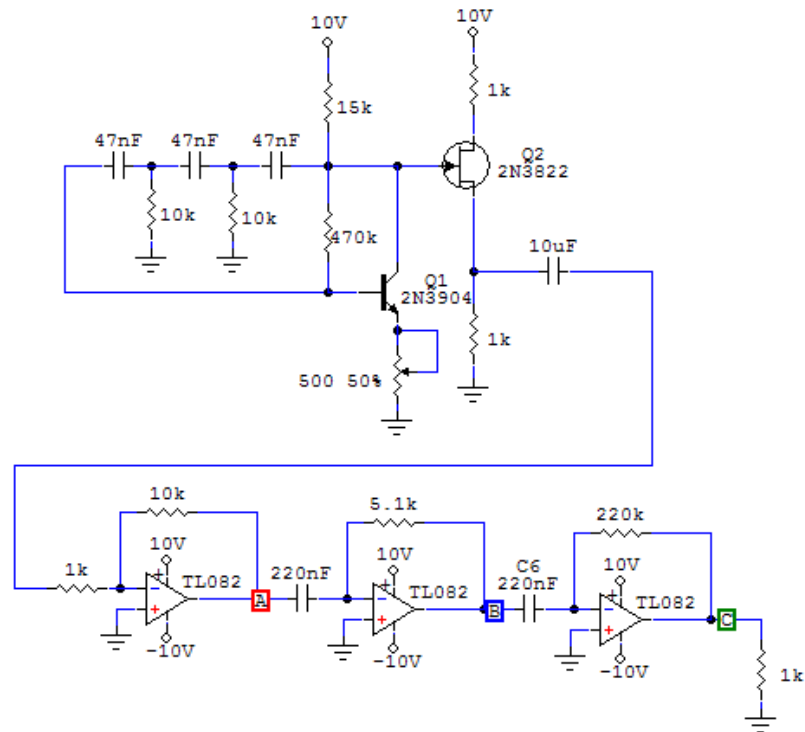


Figura D-3. Circuito generador de señales

Medir en cada salida de los amplificadores la señal y obtener la gráfica.

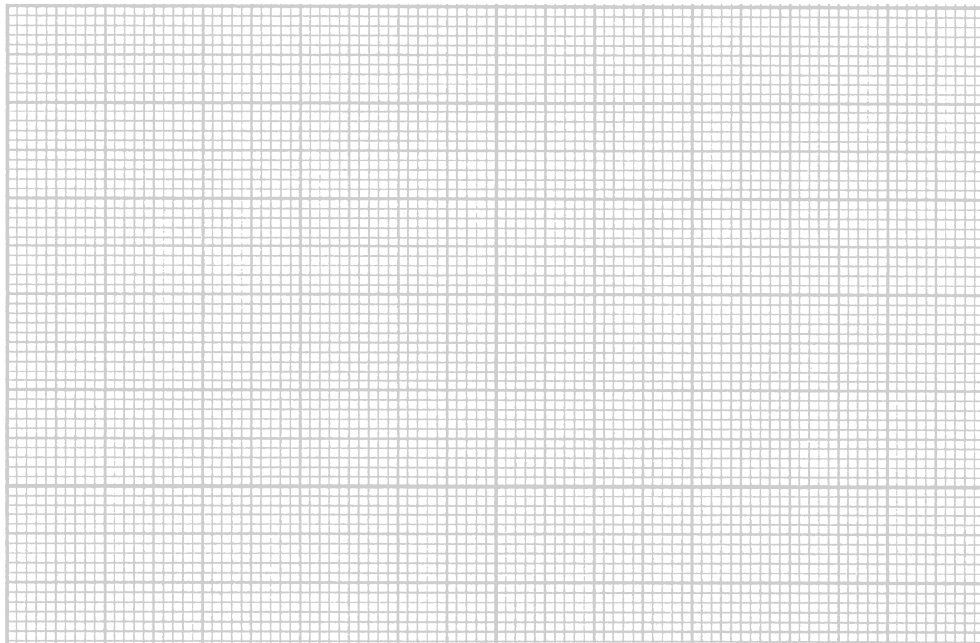


Figura D-4. Gráfica de resultados del circuito generador de señales

¿Qué configuración utiliza este circuito generador de funciones para obtener la señal cuadrada, triangular y senoidal? _____

E. GUÍA DE LABORATORIO: APLICACIONES CON DIODOS

En esta guía de laboratorio se construirán circuitos básicos, basados en diodos. Dichos circuitos se someterán a funcionamiento con voltaje continuo y voltaje alterno.

1. Objetivos

- Conocer el funcionamiento y aplicaciones básicas de los diodos.
- Identificar los tipos de rectificadores de voltaje que se pueden construir con diodos.
- Identificar las compuertas lógicas construidas a partir de circuitos con diodos.
- Analizar la polarización del diodo respecto al voltaje aplicado.
- Reconocer el estado de conducción de un diodo respecto al voltaje aplicado.

2. Fundamentos teóricos

a. Rectificador de voltaje. El proceso de Rectificación convierte una corriente eléctrica alterna, que circula alternativamente en un sentido u otro de un circuito, en una corriente continua, que sólo fluye en un sentido. Para ello se inserta en el circuito un dispositivo conocido como rectificador, que sólo permite que pase corriente en un sentido, bloqueando la corriente en el otro.

1) Polarización del diodo en sentido directo. Durante el semiciclo positivo el diodo queda polarizado en directo, permitiendo el paso de la corriente a través de él. Si el diodo es considerado como ideal, éste se comporta como un cortocircuito, lo que indica que toda el voltaje del circuito está aplicado sobre la resistencia de carga.

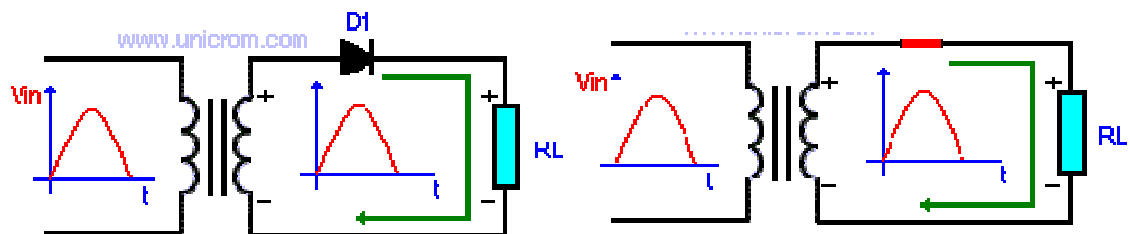


Figura E-1. Comportamiento del rectificador de voltaje en el ciclo positivo

2) Polarización del diodo en sentido inverso. Durante el semiciclo negativo, la corriente suministrada por el transformador querrá circular en sentido opuesto a la lecha del diodo.

Si el diodo es considerado ideal entonces este actúa como un circuito abierto y no habrá flujo de corriente. La forma de la onda de salida es la de un rectificador de 1/2 onda, en la cual solo el semiciclo positivo se observará, las componentes del semiciclo negativo se atenuaran.

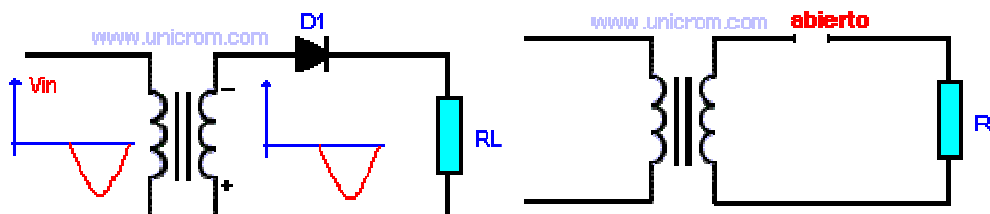


Figura E-2. Comportamiento del rectificador de voltaje en el ciclo negativo

3) Filtrado con capacitor. El voltaje de salida del rectificador de 1/2 onda anterior no muestra un voltaje en corriente continua que se pueda aprovechar. Pero si incluimos a la salida, antes de la carga (R_L) un capacitor, este ayudará a promediar el voltaje de salida. Cuando el diodo conduce, en el semiciclo positivo, el capacitor se carga al valor pico del voltaje de entrada.

En el siguiente semiciclo, cuando el diodo está polarizado en inversa y no hay flujo de corriente hacia la carga, es el capacitor el que entrega corriente a la carga, lo que es equivalente a la descarga del capacitor. Si el capacitor es grande significa menos rizado, pero aún cumpliéndose esta condición el rizado podría ser grande si la resistencia de carga es muy pequeña, por que la carga estaría consumiendo una corriente elevada.

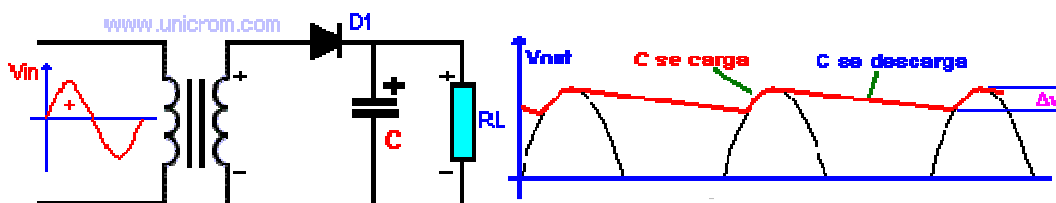


Figura E-3. Ciclo de carga del capacitor

b. Led. Los diodos emisores de luz (LED, acrónimo inglés de Light-Emitting Diode), con una tensión aplicada a la unión del semiconductor da como resultado la emisión de energía luminosa.

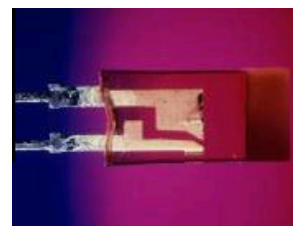


Figura E-4. Diodo emisor de luz

3. Laboratorio

Cuadro E-1. Materiales para la guía de aplicaciones con diodos

| Cantidad | Descripción |
|----------|---------------------------------|
| 3 | Diodo 1N4004 Ω |
| 3 | Resistencia de 10 Ω 1/2W |
| 1 | Resistencia de 1k Ω |
| 1 | Potenciómetro de 500 Ω |
| 3 | Potenciómetro 1 k Ω |
| 3 | Led |
| 2 | Punta de osciloscopio |
| | Fuente de voltaje |
| | Multímetro |
| | Generador de funciones |

Construir los siguientes tres circuitos y comparar la señal de entrada con la señal de salida. Analizar el tipo de polarización del diodo, y como afecta su funcionamiento a la señal de entrada. Repetir el análisis para cada uno de los circuitos.

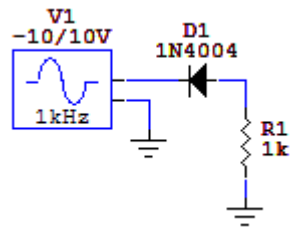


Figura E-5. Circuito con diodo en polarización inversa

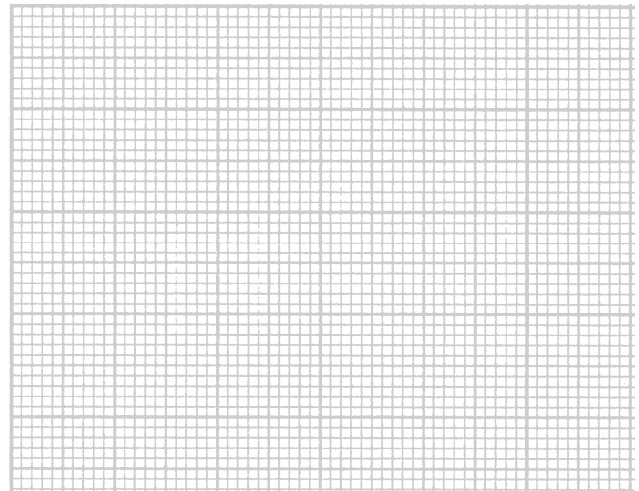


Figura E-6. Gráfica del circuito con diodo en polarización inversa

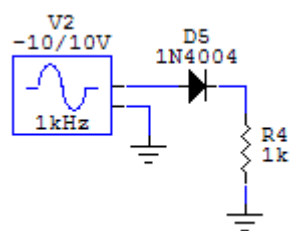


Figura E-7. Circuito con diodo en polarización directa

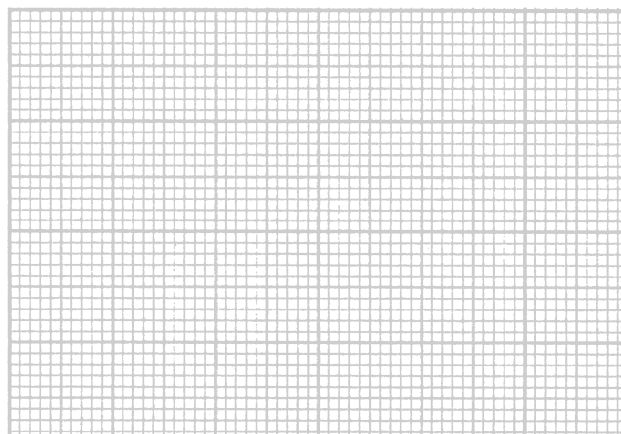


Figura E-8. Gráfica del circuito con diodo en polarización directa

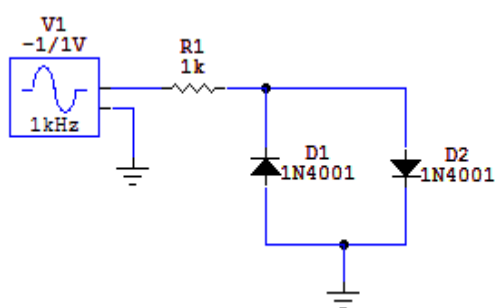


Figura E-9. Circuito del limitador de señal

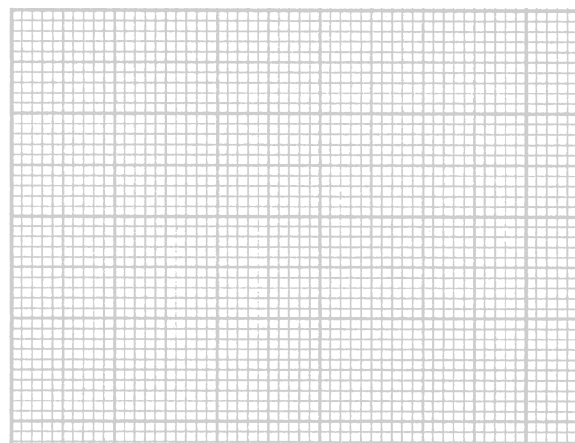


Figura E-10. Gráfica del circuito del limitador de señal

Construir el circuito que muestra la figura, analizar utilizando el potenciómetro de $500\ \Omega$. Averiguar para qué valores de voltaje de entrada los Leds se encienden. Colocar los potenciómetros de $1\text{k}\ \Omega$ en el porcentaje de resistencia indicada. Recuerde que el potenciómetro se mide de un extremo al pin central, y debe de hacerse la medición antes de introducirlo en el protoboard.

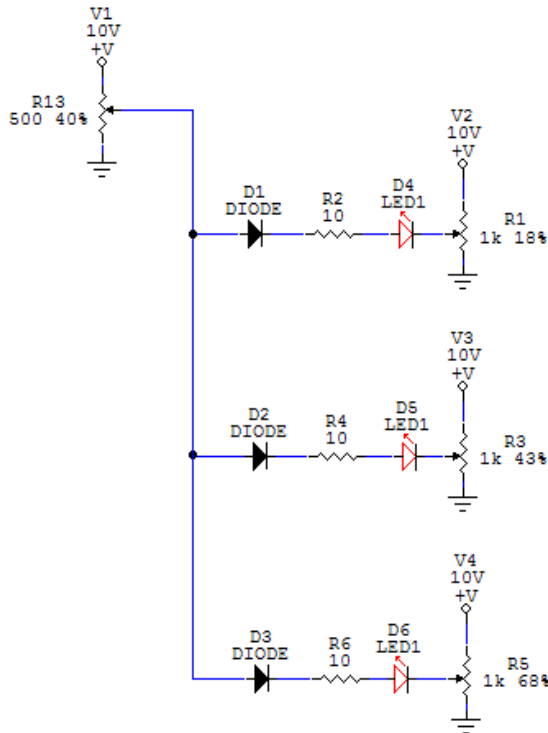


Figura E-11. Circuito indicador de nivel

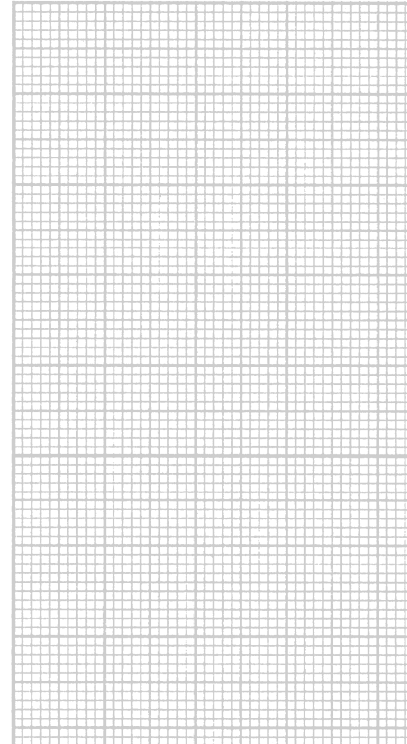


Figura E-12. Gráfica del circuito indicador del nivel

Completar la siguiente tabla con el valor de voltaje de activación para los led del circuito indicador de nivel.

Cuadro E-2. Mediciones del circuito indicador de nivel

| VOLTAJE | |
|------------|--|
| LED 1 (D4) | |
| LED 2 (D5) | |
| LED 3 (D6) | |

F. GUÍA DE LABORATORIO: APLICACIONES CON TRANSISTORES

En esta guía de laboratorio se construirán circuitos básicos que funcionan en el modo de corte-saturación. Los cuales se utilizan principalmente con voltaje continuo en circuitos lógicos.

1. Objetivos

- Familiarizarse el funcionamiento y aplicaciones básicas de los diodos.
- Conocer el comportamiento de los transistores cuando se operan en el modo de corte.
- Conocer el comportamiento de los transistores cuando se operan en el modo de saturación.
- Identificar las compuertas lógicas construidas a partir de circuitos con transistores.

2. Fundamentos teóricos. Aplicar los transistores no se limita únicamente a la amplificación de señales. A través de un diseño adecuado pueden utilizarse como un interruptor o para aplicaciones de control. Además puede emplearse como un inversor en los circuitos lógicos de las computadoras.

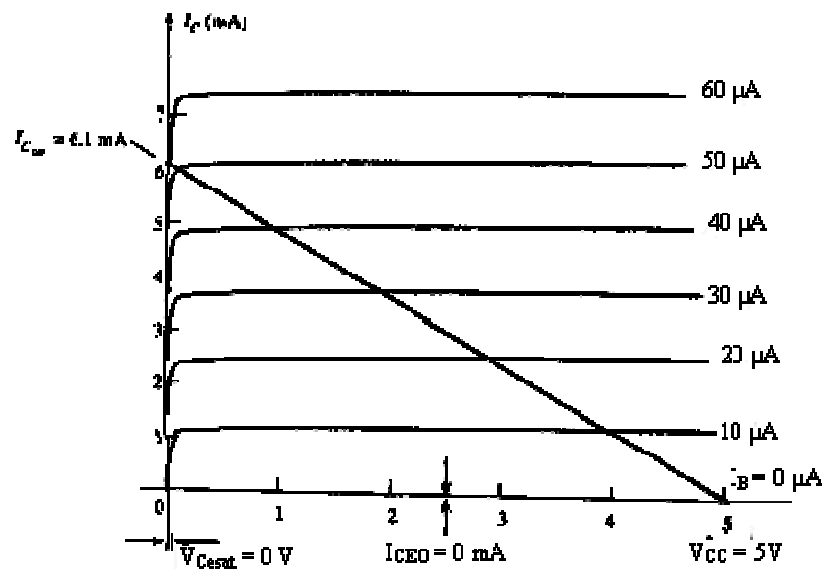


Figura F-1. Transistor inversor

El diseño ideal para el proceso de inversión requiere que el punto de operación cambie de corte a saturación, pero a lo largo de la recta de carga descrita en la gráfica anterior para estos propósitos se asumirá que $I_C = I_{C(sat)}$ cuando $I_B = 0$ μ A. Cuando $V_i = 5$ V, el transistor se encontrará "encendido" y el diseño debe asegurar que la red está saturada totalmente por un nivel de I_B mayor asociado con la curva I_B , que aparece cerca del nivel de saturación. El nivel de saturación para la corriente del colector y para el circuito está definido por: $I_{C(sat)} = V_{CC} / R_C$.

3. Laboratorio

CuadroF -1. Materiales para la guía de aplicaciones con transistores

| Cantidad | Descripción |
|----------|----------------------------------|
| 1 | Transistor NPN ECG123AP (1N3904) |
| 1 | Transistor NPN ECG159 (1N3906) |
| 3 | Resistencia de 100 Ω |
| 1 | Resistencia de 420 Ω |
| 2 | Resistencia de 1k Ω |
| 1 | Resistencia de 5.6k Ω |
| 5 | Diodo 1N4001 |
| 1 | Dip Switch de 4 contactos |
| 1 | Diodo Led |

Los siguientes circuitos son configuraciones que trabajan en corte y saturación. Estas configuraciones se utilizan comúnmente en los circuitos digitales.

Construya el siguiente circuito.

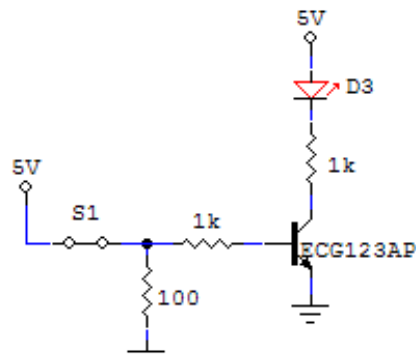


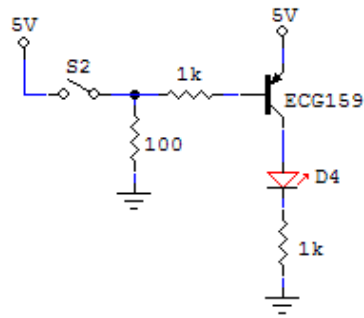
Figura F-2. Circuito de compuerta NPN

CuadroF -2. Mediciones del circuito de compuerta NPN

| VOLTAJE | |
|----------------|--------|
| S ₁ | Salida |
| 0 V | |
| 5 V | |

Evalué la señal de salida (V_c) y compare con la señal de entrada. ¿Qué tipo de compuerta representa el circuito? _____

Construya el siguiente circuito.



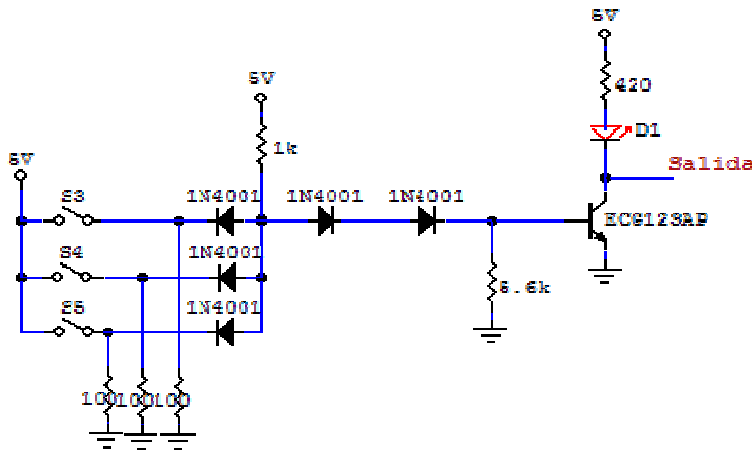
CuadroF -3. Mediciones del circuito de compuerta PNP

| VOLTAJE | |
|----------------|--------|
| S ₂ | Salida |
| 0 V | |
| 5 V | |

Figura F-3. Circuito de compuerta PNP

Evalué la señal de salida (Vc) y compare con la señal de entrada. ¿Qué tipo de compuerta representa el circuito? _____

Construya el siguiente circuito.



CuadroF -4. Mediciones de la compuerta con transistores NPN

| VOLTAJE | | | |
|---------|-----|-----|--------|
| S3 | S4 | S5 | Salida |
| 0 V | 0 V | 0 V | |
| 0 V | 0 V | 5 V | |
| 0 V | 5 V | 0 V | |
| 5 V | 0 V | 0 V | |
| 5 V | 0 V | 5 V | |
| 5 V | 5 V | 0 V | |
| 5 V | 5 V | 5 V | |

Figura F-4. Circuito de la compuerta con transistores NPN

¿Qué compuerta digital representa el circuito? _____

G. GUÍA DE LABORATORIO: CAPACITOR

En esta guía de laboratorio se desea que el alumno experimente y reconozca las características y comportamiento de los capacitores con voltaje continuo y alterno. Además se desea que identifique cuáles son sus influencias en el comportamiento de las señales de alimentación.

1. Objetivos

- Conocer los fundamentos y características de los capacitores.
- Comprender su comportamiento respecto del voltaje y la corriente.
- Identificar los tipos de conexiones que se pueden realizar con ellos, serie y paralelo
- Reconocer como se altera la capacitancia respecto a su conexión en un circuito.
- Calcular el ángulo de desfase de la señal.

2. Fundamentos teóricos

a. El capacitor. Se representa con una C, se mide en faradios.

Las cantidades de faradios más comunes que se utilizan van en el rango de los pico faradios hasta los microfaradios. Su símbolo son dos placas paralelas, y es un recordatorio de que la capacitancia ocurre únicamente cuando las placas conductoras están separadas por un dieléctrico o aislante, como se indica figura.

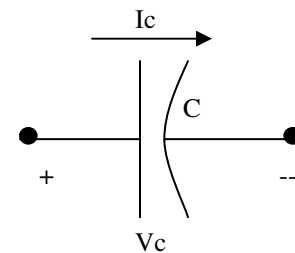


Figura G-1. Circuito del capacitor

En las terminales al aplicar un voltaje, que provoca una corriente de desplazamiento, que debe ser proporcional a la tasa a la cual varía el voltaje en el capacitor con el tiempo:

$$I_c = C \frac{dv}{dt}$$

Si la corriente de referencia está en dirección del aumento del voltaje, la ecuación se escribe con un signo menos. Con esta ecuación se puede expresar el voltaje en función de la corriente de desplazamiento integrando para ambos lados de la ecuación:

$$i * dt = C * dv$$

$$\int i * dt = \int C * dv$$

$$\frac{1}{C} \int_{i0}^i id\tau = \int_{v(t0)}^{v(t)} dx$$

$$\frac{1}{C} \int_{i0}^i id\tau + v(t0) = v(t)$$

b. Circuitos RC en serie. En un circuito RC en serie la corriente alterna que pasa por la resistencia y el capacitor es la misma, por que las leyes de Kirchoff se mantienen. Pero algo diferente pasa con los voltajes. En la resistencia, el voltaje y la corriente están en fase en los valores máximos, esto significa que en el tiempo el valor máximo de corriente ocurre al mismo tiempo que el valor máximo de voltaje. Pero con el voltaje en el capacitor no es así. El voltaje en el capacitor está retrasado en 90° , con respecto a la corriente que pasa por él, el valor máximo de voltaje sucede después del valor máximo de corriente. Estos 90° equivalen a $\frac{1}{4}$ de la longitud de onda dada por la frecuencia de la corriente que está pasando por el circuito.

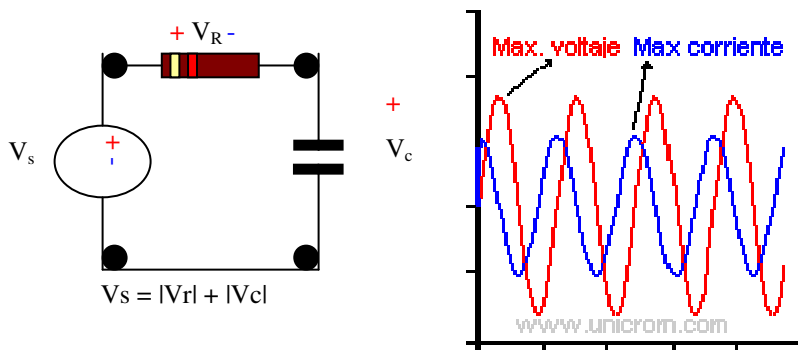


Figura G-2. Comportamiento del circuito RC en serie

El voltaje total que alimenta el circuito RC en serie es igual a la suma del voltaje en la resistencia y el voltaje en el condensador. Este voltaje tendrá un ángulo de desfase θ causado por el capacitor, que se obtiene con las siguientes fórmulas:

$$\text{Magnitud del voltaje: } V_s = \sqrt{V_r^2 + V_c^2}$$

$$\text{Ángulo de desfase: } \theta_s = \arctan \frac{-V_c}{V_r}$$

A la resistencia total del conjunto resistencia-capacitor, se le llama impedancia y Z es la suma fasorial del valor de la resistencia y de la reactancia del capacitor. Por lo que la impedancia del circuito se obtiene con ayuda de la siguiente fórmula:

$$\text{Impedancia: } Z = \frac{V_s \angle \theta_s}{I \angle \theta_I} = \frac{V_s}{I} \angle \theta_s - \theta_I$$

Donde:

- V_s es la magnitud del voltaje
- θ_s es el ángulo del voltaje
- I es la magnitud de la corriente
- θ_I es el ángulo de la corriente

c. Circuitos RC en paralelo. En un circuito RC en paralelo el valor del voltaje es el mismo tanto en el capacitor como en la resistencia, y la corriente que se entrega al circuito se divide entre los dos componentes. La corriente que pasa por la resistencia y el voltaje que hay en ella están en fase y la corriente en el capacitor está adelantada con respecto al voltaje, que es igual a decir, que el voltaje está retrasado con respecto a la corriente.

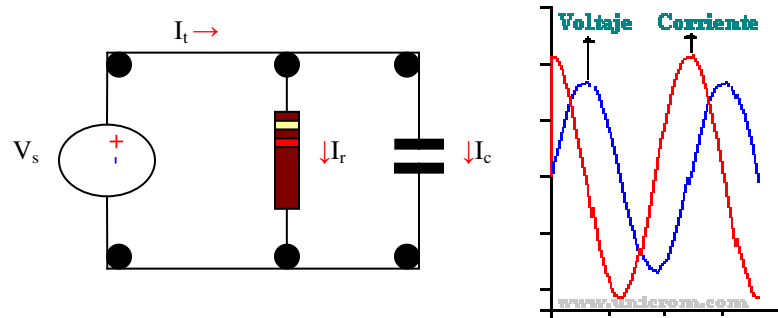


Figura G-3. Comportamiento del circuito RC en paralelo

La corriente alterna total es igual a la suma de las corrientes por los dos elementos y se obtiene con ayuda de las siguientes fórmulas:

$$\text{Corriente alterna Total: } I_t = \sqrt{I_r^2 + I_c^2}$$

$$\text{Ángulo de desfase: } \theta_t = \arctan \frac{-I_c}{I_r}$$

La impedancia del circuito se obtiene de la misma forma que en el circuito RC en serie:

$$\text{Impedancia: } Z = \frac{V_s \angle \theta_s}{I_t \angle \theta_t} = \frac{V_s}{I_t} \angle \theta_s - \theta_t$$

3. Pre-Laboratorio. Demostrar las fórmulas que establecen la relación de equivalencia entre los circuitos con capacitores en serie y en paralelo. Detallar claramente el proceso matemático utilizado para la demostración.

4. Laboratorio

CuadroG -1. Materiales para la guía de capacitor

| Cantidad | Descripción |
|----------|-----------------------|
| 1 | Resistencia de 1 Ω |
| 1 | Resistencia de 2.2 Ω |
| 2 | Capacitor de 47nF |
| 1 | Punta de osciloscopio |

Construya el circuito que me muestra en la siguiente figura y mida el voltaje a través de los componentes. Dichos voltajes deben de ser medidos con el multímetro en DC y con el osciloscopio en AC (para el cual deben de calcular el valor RMS de la señal).

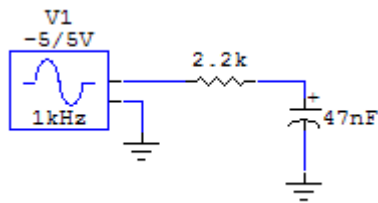


Figura G-4. Circuito RC en serie

CuadroG -2. Mediciones del circuito RC en serie

| | VOLTAJE |
|-------------|---------|
| Fuente | |
| Vpico | |
| Resistencia | |
| Capacitor | |
| Suma | |

Como puede apreciarse, la suma de los voltajes medidos por la fuente de corriente no coinciden con el valor RMS de voltaje pico de la señal del generador de funciones. Esto se debe a que la señal de voltaje está desfasada por el capacitor, por otra parte el multímetro mide voltajes RMS.

Por lo que debe encontrar el ángulo de desfase para obtener del voltaje RMS de la señal de alimentación.

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{-V_c}{V_r}\right) = \tan^{-1} \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

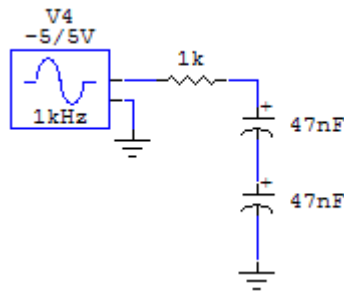
Entonces para obtener el valor de voltaje RMS real en el capacitor, debe de multiplicar el cos (θ). Así la suma de voltajes de resistencia y capacitor coincidirá con el valor de voltaje RMS de la señal de alimentación.

CuadroG -3. Estadística de error en mediciones del circuito RC en serie

| | VOLTAJE |
|---------------|---------|
| Vr RMS | |
| Vc RMS cos(θ) | |
| Suma VRMS | |
| % error | |

Construya el circuito que me muestra en la siguiente figura y mida el voltaje a través de los componentes.

CuadroG -4. Mediciones del circuito RC con capacitores en serie



| | VOLTAJE |
|-------------|---------|
| Fuente | |
| Vpico | |
| Resistencia | |
| Capacitor 1 | |
| Capacitor 2 | |
| Suma | |

Figura G-5. Circuito RC con capacitores en serie

Como se puede apreciar en este caso tampoco coincide la suma de voltajes medidos con el multímetro con el voltaje RMS de la señal de alimentación. Por lo que debe calcular el ángulo de desfase para obtener los valores reales de voltaje RMS en los capacitores. Sin embargo se utilizará otro método, para el cual se calculará primero la reactancia del capacitor, donde f es la frecuencia de la señal de alimentación:

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C} = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{X_c}{R}\right) = \tan^{-1} \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

Entonces, como en el caso anteriores multiplica el voltaje en los capacitores por el cos (θ+π/2), se le resta π/2 ya que un capacitor automáticamente retrasa el voltaje en esta cantidad, y como el circuito contiene dos capacitores. Para obtener el valor de voltaje RMS real. Así la suma de voltajes de resistencia y capacitor coincidirá con el valor de voltaje RMS de la señal de alimentación.

CuadroG -5. Estadística de error en mediciones del circuito RC con capacitores en serie

| | VOLTAJE |
|---------------------------------|---------|
| Vr RMS | |
| Vc1 RMS cos($\theta - \pi/2$) | |
| Vc2 RMS cos($\theta - \pi/2$) | |
| Suma VRMS | |
| % error | |

Construya el circuito que me muestra en la siguiente figura, mida la corriente a través de los componentes y la corriente entregada por la fuente de alimentación.

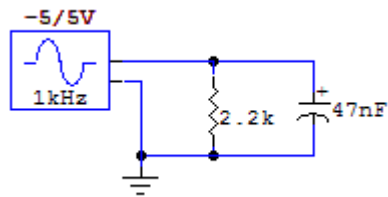


Figura G-6. Circuito RC en paralelo

CuadroG -6. Mediciones del circuito RC en paralelo

| | CORRIENTE |
|-------------|-----------|
| Fuente | |
| Resistencia | |
| Capacitor | |
| Suma | |

Como en los casos anteriores debe obtener el ángulo de desfase, para lo cual utilizará la siguiente fórmula:

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{-I_c}{I_r}\right) = \tan^{-1} \frac{\quad}{\quad} = \quad$$

Entonces para obtener el valor RMS real de la corriente en el capacitor, debe de multiplicar el cos (θ). Así la suma de voltajes de resistencia y capacitor coincidirá con el valor RMS de corriente entregada por la fuente de alimentación.

CuadroG -7. Estadística de error en mediciones del circuito RC en paralelo

| | CORRIENTE |
|------------------------|-----------|
| Ir RMS | |
| Ic RMS cos(θ) | |
| Suma VRMS | |
| % error | |

Construya el circuito que me muestra en la siguiente figura, mida la corriente a través de los componentes y la corriente entregada por la fuente de alimentación.

CuadroG -8. Mediciones del circuito RC con capacitores en paralelo

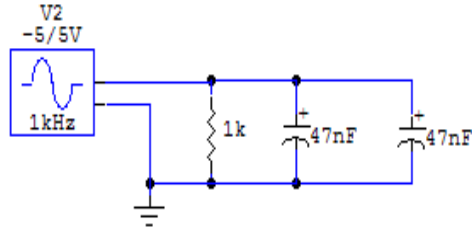


Figura G-7. Circuito RC con capacitores en paralelo

| | CORRIENTE |
|-------------|-----------|
| Fuente | |
| Resistencia | |
| Capacitor 1 | |
| Capacitor 2 | |
| Suma | |

Se debe obtener el ángulo de desfase, por lo que se utilizará la fórmula que se mostró anteriormente:

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{-I_{c1} - I_{c2}}{I_r}\right) = \tan^{-1} \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

Entonces para obtener el valor RMS real de la corriente en el capacitor, se debe multiplicar el coseno del ángulo θ . Así la suma de voltajes de resistencia y capacitor coincidirá con el valor RMS de corriente entregada por la fuente de alimentación.

CuadroG -9. Estadística de error en mediciones del circuito RC con capacitores en paralelo

| | CORRIENTE |
|-----------------------------|-----------|
| I_r RMS | |
| I_{c1} RMS $\cos(\theta)$ | |
| I_{c2} RMS $\cos(\theta)$ | |
| Suma VRMS | |
| % error | |

H. GUÍA DE LABORATORIO: CIRCUITO IMPRESO

En esta guía de laboratorio se espera que el alumno aprenda a realizar circuitos impresos sobre una placa de cobre.

1. Objetivos

- Aprender la técnica con ácido férrico para realizar circuitos impresos.
- Desarrollar destrezas creativas en el diseño del circuito impreso.
- Enseñar una técnica de bajo costo para la elaboración de impresos electrónicos.
- Mejorar las técnicas de presentación de proyectos y circuitos, para que los alumnos puedan presentarlos con finos acabados.

2. Fundamentos teóricos

a. **Circuito impreso.** Los circuitos impresos son cintas de cobre adheridas a una placa de material aislante y resistente al calor. El impreso sirve para interconectar los diferentes componentes que forman un circuito eléctrico. Existen diversos materiales para elaborar la placa de circuito impreso, se utilizan resinas sintéticas como la fonolita y la cresilica.

En aplicaciones especiales placas a base de epoxi-fibra de vidrio. Con un circuito impreso se facilita el ensamble de los circuitos electrónicos con lo cual su apariencia es mejor con respecto a los ensamblados en tiras de terminales, elimina interferencias y ahorra espacio.

Para fabricar un circuito impreso requiere dedicación e ingenio, primero se debe probar el circuito electrónico en protoboard (o placa de prototipo) y así asegurarse que funciona correctamente. A su vez se tendrá una guía para elaborar de forma más compacta el diseño del impreso.

b. **Placa de matriz de puntos (o placa perforada).** Es muy parecido al protoboard, pero a diferencia de ésta, los circuitos implementados con matriz de puntos serán de forma permanente. Aquí se necesita soldar los componentes. Es una placa de matriz de taladros normalizados, igual que el protoboard, pero las conexiones no van implementadas y se deben realizar con cable y soldador.

Se puede realizar circuitos más fiables y de forma permanente, al estar los componentes soldados. La ventaja es que no se utilizara el proceso de atacado químico e insolación, pero el método se puede complicar bastante con el número de conexiones y fácilmente se pueden cometer equivocaciones al soldar los componentes.

c. **Placas de circuito impreso (PCB's).** Es sin duda la forma más perfeccionada y que ofrece el acabado más fiable de todos. Por el contrario, exige un proceso más laborioso. Existen placas a simple cara y a doble cara. Existen a su vez diferentes tipos de placa, dependiendo del material de que está hecha la placa, se puede distinguir tres tipos fundamentales:

- Baquelita
- Fibra de vidrio
- Teflón

La más utilizada es el tipo fibra de vidrio, puesto que ofrecen buena resistencia mecánica y aislamiento, y son relativamente económicas. La baquelita está en clara recesión, puesto que es más frágil que las otras y de peor calidad.

Las placas de teflón son realmente buenas, pero también muy caras. Son de resistencia mecánica alta, y lo mejor de todo, no tienen esa tendencia a absorber la humedad que tienen los otros tipos y que, dada las distancias tan cortas entre pista y pista, puede ocasionar algún problema de conductividad indeseable. Por otra parte, el teflón es un buen dieléctrico, lo que implica que es un buen aislante. No en vano se utiliza como aislante en conductores de cierta calidad.

Dependiendo del proceso de obtención de las pistas, se puede dividir las placas en dos tipos más:

- 1) La placa normal. Es aquella que se dibuja directamente la pista sobre el cobre. Se puede dibujar con rotulador indeleble o con tiras adhesivas.
- 2) La placa fotosensible. Tiene un barniz que es sensible a la luz, que se impresiona mediante una insoladota o cualquier otro foco luminoso adecuado. Normalmente, es más sensible a la luz que contenga UVA (ultravioleta tipo A) que es el que tienen los rayos de sol. Por tanto, la insolación puede hacerse exponiendo a la luz del sol, pero tiene el inconveniente de su imprecisión, pues dependerá del ángulo de incidencia (hora del día), el tiempo atmosférico (nubes), estación del año que se presente, así como latitud geográfica.

Para obtener las pistas de cobre, hay que atacar la placa con las sustancias adecuadas, que se encargará de eliminar la parte de cobre que no forme parte de las pistas. Esto se consigue protegiendo de la corrosión dichas partes. Para ello, se utilizan tintas especiales, barnices o adhesivos. Las tintas especiales son los rotuladores de tinta indeleble o permanente.

Para la exposición, se prepara una transparencia de las pistas, que puede ser en negativo o en positivo, aunque ésta última es la más utilizada. Tras la exposición, se introduce la placa en un líquido revelador que destruirá el barniz que no forma parte de las pistas, de forma que el restante actúa de protector contra la corrosión.

d. Revelado de la placa de cobre. Una vez se tenga la placa con las pistas impresas, bien con rotulador, adhesivos o por medios fotosensibles, el siguiente paso será el revelado (placas fotosensibles) o bien el atacado con los productos químicos adecuados.

El revelado consiste en eliminar el barniz fotosensible en las partes en que no es necesario, quedando el cobre al descubierto para que sea atacado por el ácido corrosivo en el siguiente proceso. En una placa positiva, el barniz insolado será destruido, ocurriendo justamente lo contrario en una placa negativa. El tiempo de revelado dependerá de la concentración del revelador y de la temperatura del agua, siendo de 2 a 4 minutos con disolución de sosa cáustica (1%) y 25°C.

Al poco tiempo de sumergir la placa en la disolución, va apareciendo el dibujo de las pistas, formando lentamente el circuito completo. El barniz disuelto se puede apreciar si se mueve ligeramente la placa, ya que se enturbia la disolución por el barniz. Cuando el dibujo aparece claramente y ya no se enturbia más la disolución, el revelado está completado.

Una vez revelada la placa, la sumergimos en la solución corrosiva (Etching). Yo utilizo la siguiente mezcla:

- 2 partes de agua
- 1 parte de agua oxigenada 110 volúmenes
- 1 parte de agua fuerte (ácido clorhídrico disuelto en agua)

Existen multitud de sustancias corrosivas, como el Cloruro Férrico (atacador tradicional), o perboratos en lugar de agua oxigenada, pero son más incómodos y caros. Hay que tener cuidado con estos líquidos porque son muy tóxicos y producen quemaduras. Además atacan los metales y otros objetos que no sean de plástico o vidrio.

Durante el atacado, hay que vigilar atentamente el proceso para que las pistas no sean atacadas. Cuando haya desaparecido el cobre sobrante, damos por finalizado el ataque. Al sacar la placa, la lavamos con agua abundante. Se puede quitar el barniz sobre las pistas con un algodón empapado en acetona.

e. Recomendaciones.

- La máxima corriente que circulará por las pistas conductoras determina el ancho de las mismas, por ejemplo, una cinta de 0.5 mm. de ancho soporta aproximadamente 1 amperio.
- La separación mínima entre 2 pistas adyacentes debe de ser 0.8 mm. lo que garantiza un buen aislamiento eléctrico de hasta 180 voltios, en condiciones normales.

- Los discos de cobre para la conexión de las patitas (pines) de los componentes deben ser redondos con diámetro de 3 mm cuánto mayor sea el área de este punto, será más difícil que se desprenda por el calor. En el caso de circuitos integrados, pueden ser rectangulares y de un ancho adecuado.
- Los orificios para insertar los componentes deben quedar al centro del disco de conexión, con un diámetro de .75 mm. Es recomendable utilizar una broca de 1 mm y una mayor para componentes que lo requieran.
- Disponer de 1 disco de conexión para cada patita de los componentes (no conectar 2 en un mismo disco).
- Cuando en el diseño del trazado sea imposible conectar 2 puntos con una cinta de cobre, habiendo otra que interfiere en su trayectoria, se dejan 2 discos para hacer un puente (este se colocará sobre la placa del lado de los componentes) con alambre simple.
- Es conveniente dejar un margen de 5mm. libre de componentes, también es conveniente dejar cintas de cobre para el positivo y el negativo, el negativo se puede unir con uno de los tornillos que fijarán la placa.
- Para la unión de un componente a otro, hacerla lo más corta posible. Se puede hacer cintas de conducción inclinadas con respecto a los bordes de la placa. También puede seguir trayectorias curvas donde no se puedan unir 2 puntos en línea recta.

3. Pre-Laboratorio. Se debe desarrollar en papel milimetrado y un acetato, un esquema para el circuito impreso que a de plasmarse sobre la placa de cobre, el circuito debe de contener todas las ramas que unen los componentes. Con el diseño terminado estimar el tamaño de la placa de cobre necesaria para obtener el impreso.

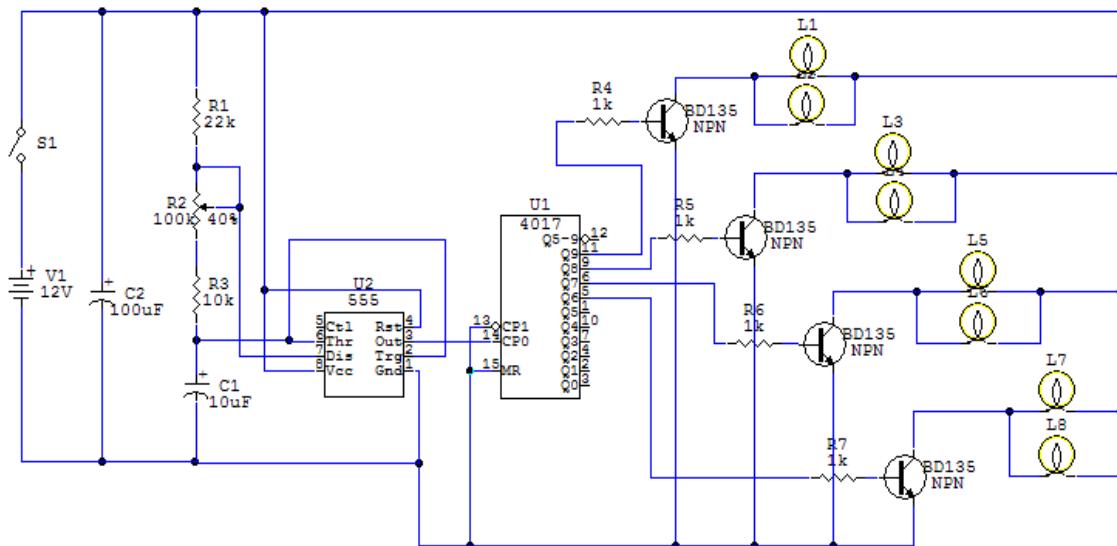


Figura H-1. Diagrama para la placa del circuito impreso

Sugerencia: para mayor información visitar la página que se menciona a continuación, en la cual encontrará cómo utilizar esquemas producidos en programas de computadora.

<http://www.pablin.com.ar/electron/trucos/placaci/index.htm>

4. Laboratorio

CuadroH -1. Materiales para la guía del circuito impreso

| Cantidad | Descripción |
|----------|--|
| 1 | Placa de cobre (tamaño según diseño) |
| 1 | Bote de solución corrosiva Etching |
| 1 | Placa impresa para desoldar |
| 1 | Hoja de papel carbón |
| | Marcador permanente o barniz impermeable |
| | Bandeja plástica del tamaño de la placa de cobre |
| | Par de guantes |
| | Acetona |
| | Algodón |

Debe transferir su diseño del circuito impreso hacia la placa de cobre con ayuda del papel de carbón. Recuerde que el diseño debe de ser el negativo, ya que de un lado van los componentes y del otro lado las conexiones.

Luego de dibujar el circuito a la placa de cobre repase cada rama o conexión y cada pad con el marcador o rotulador permanente. Asegúrese que éstas contengan los diámetros especificados en las recomendaciones. Para asegurarse que el área de las conexiones y pad no serán removidos por el líquido revelador puede aplicar con un pincel barniz impermeable.

Coloque la placa con el diseño hacia abajo en la bandeja plástica, deposite el líquido revelador (Etching) y espere a que el cobre que se encuentra en exceso cobre se disuelva en la solución corrosiva.

Cuando ya se encuentre revelado únicamente el diseño de su circuito impreso proceda a lavar la placa con agua y eliminar los residuos de marcador o barniz impermeabilizante con acetona.

Por último, proceda a realizar las perforaciones en la placa en los centros de los pads según el diámetro de los pines de los componentes.

I. GUÍA DE LABORATORIO: CONFIGURACIÓN DELTA-ESTRELLA

Con esta guía de laboratorio se desea presentar la arquitectura básica de sistemas trifásicos. A su vez, se desea ampliar las técnicas de simplificación de los cálculos teóricos para la resolución de circuitos.

1. Objetivos

- Aprender una nueva técnica de simplificación de circuitos.
- Verificar la conservación de las características de voltaje y corriente del circuito modificado.
- Poner en práctica las transformaciones delta-estrella.

2. Fundamentos teóricos. Los galvanómetros presentan configuraciones en las cuales no se puede reducir a una resistencia equivalente utilizando únicamente las transformaciones de resistencias en serie o paralelo. Por lo que es necesario conocer los circuitos equivalentes delta-estrella.

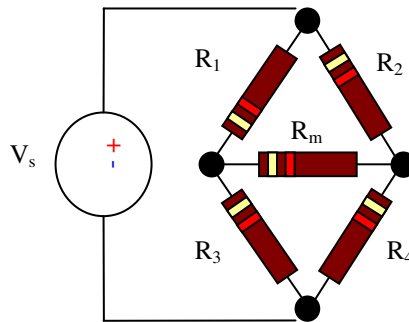


Figura I-1. Red resistiva utilizada en los puente de Wheatstone

Un circuito se conoce como una configuración delta Δ debido a que la interconexión se asemeja a la letra griega delta. También se le conoce como configuración Pi π , ya que puede tomar esta forma sin perturbar la funcionalidad eléctrica del circuito.

Si se observa el circuito del galvanómetro, la figura anterior, se puede distinguir que las resistencias R_1 , R_2 y R_m forman un circuito con configuración delta, al igual que las resistencias R_3 , R_m y R_x .

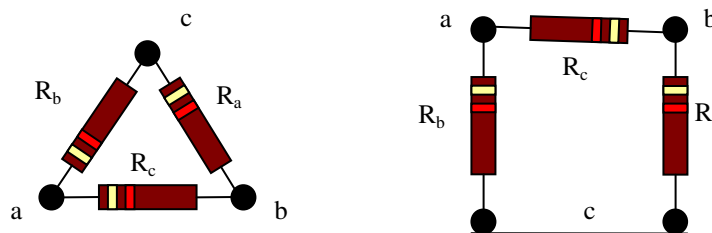


Figura I-2. Configuración delta o Pi

Se conoce como una configuración en estrella (Y) debido a que las conexiones se dan en la forma de la letra Y, esta configuración también se conoce como configuración T, ya que se puede dar forma al circuito de la estructura Y a la T sin perturbar su funcionamiento eléctrico. Si observa el circuito del galvanómetro puede distinguir que las resistencias R_1 , R_3 y R_m forman un circuito con configuración en estrella, al igual que las resistencias R_2 , R_m y R_x .

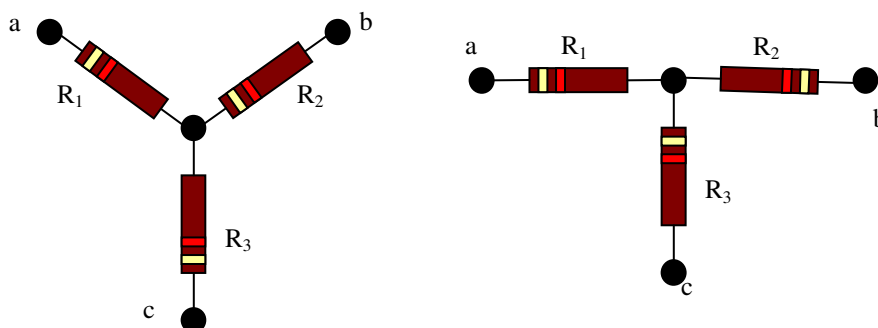


Figura I-3. Configuración estrella o T

En la siguiente figura se muestra la equivalencia entre la configuración delta y la configuración estrella. Es importante notar que no es posible cambiar de configuración únicamente intercambiando las conexiones.

Por el contrario debe hacerse que el comportamiento en las terminales sea el mismo, pero esto no implica que las resistencias también lo sean. Por lo que se debe conservar el valor de las resistencias equivalentes entre cada una de las terminales para ambas configuraciones.

Estas resistencias equivalentes pueden calcularse utilizando las técnicas de simplificación en serie y paralelo que se conocen, con lo cual se obtienen las siguientes ecuaciones:

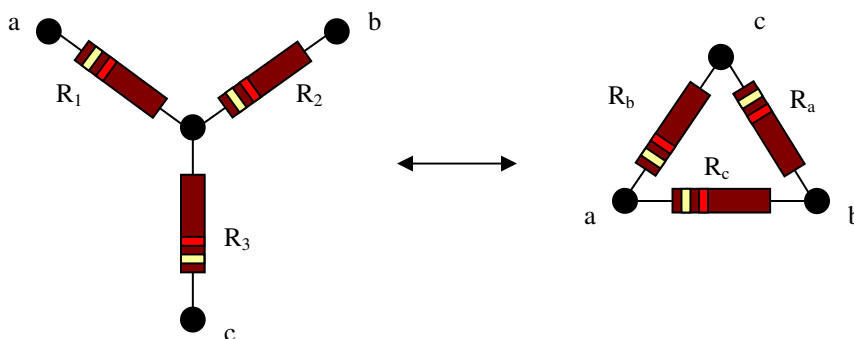


Figura I-4. Circuito equivalente entre configuraciones delta - estrella

$$R_{ab} = \frac{R_c (R_a + R_b)}{R_a + R_b + R_c} = R_1 + R_2$$

$$R_{bc} = \frac{R_a (R_b + R_c)}{R_a + R_b + R_c} = R_2 + R_3$$

$$R_{ac} = \frac{R_b (R_a + R_c)}{R_a + R_b + R_c} = R_1 + R_3$$

Ahora si se despejan estas relaciones en función de las resistencias de la configuración estrella se obtienen las siguientes ecuaciones:

$$R_1 = \frac{R_b R_c}{R_a + R_b + R_c}$$

$$R_2 = \frac{R_a R_c}{R_a + R_b + R_c}$$

$$R_3 = \frac{R_a R_b}{R_a + R_b + R_c}$$

Además es posible despejar las ecuaciones para obtener las ecuaciones de la conversión inversa (estrella-delta) las cuales nos dan las siguientes relaciones:

$$R_a = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_1 R_3}{R_1}$$

$$R_b = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_1 R_3}{R_2}$$

$$R_c = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_1 R_3}{R_3}$$

3. Pre-Laboratorio. Desarrolle la demostración de la relación matemática que existe entre las resistencias de un circuito en la configuración delta a un circuito en la configuración estrella. Incluya todo el proceso matemático.

4. Laboratorio

CuadroI -1. Materiales para la guía de configuración delta-estrella

| Cantidad | Descripción |
|----------|--------------------------------|
| 2 | Resistencia de 10 Ω |
| 1 | Resistencia de 22 Ω |
| 3 | Resistencia de 33 Ω |
| 2 | Resistencia de 47 Ω |
| 1 | Resistencia de 51 Ω |
| 1 | Resistencia de 68 Ω |
| 5 | Potenciómetros de 100 Ω |

Para esta práctica se debe de construir el circuito que muestra la figura.

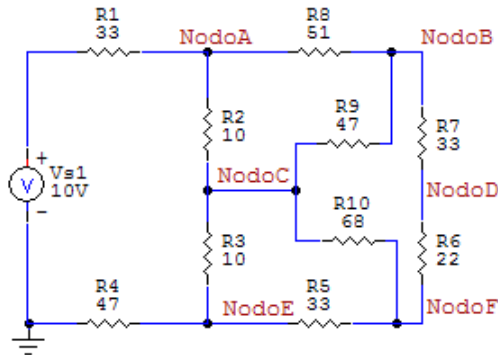


Figura I-5. Primer circuito Δ -Y

Medir los voltajes en cada nodo y las corrientes en cada malla. Completar las siguientes tablas.

CuadroI -2. Voltajes del primer circuito Δ -Y

| VOLTAJE | |
|---------|--|
| Nodo A | |
| Nodo B | |
| Nodo C | |
| Nodo D | |
| Nodo E | |
| Nodo F | |

CuadroI -3. Corrientes del primer circuito Δ -Y

| AMPERAJE | |
|----------------|--|
| Resistencia 1 | |
| Resistencia 2 | |
| Resistencia 3 | |
| Resistencia 4 | |
| Resistencia 5 | |
| Resistencia 6 | |
| Resistencia 7 | |
| Resistencia 8 | |
| Resistencia 9 | |
| Resistencia 10 | |

Utilizando las ecuaciones que dan las relaciones entre las configuraciones, obtenga los valores de las resistencias de la configuración estrella, equivalente de la configuración DELTA (Nodos BDF) en el circuito.

CuadroI -4. Valores para las resistencia del primer circuito Δ -Y

| RESISTENCIA | Valor |
|-------------|-------|
| RB | |
| RC | |
| RF | |

Luego, utilizando los potenciómetros cambie las configuraciones en el circuito físico y calibre los potenciómetros hasta obtener los valores deseados.

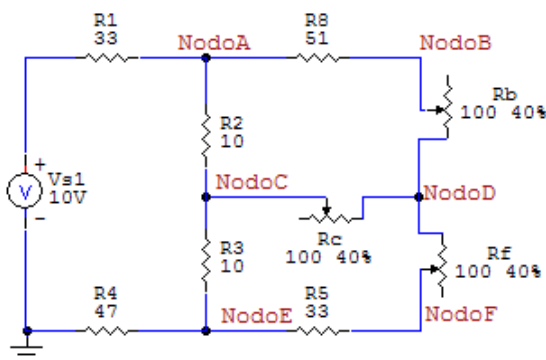


Figura I-6. Segundo circuito Δ -Y

Medir los voltajes en cada nodo y las corrientes en cada malla. Completar las siguientes tablas.

CuadroI -5. Voltajes del segundo circuito Δ -Y

| VOLTAJE | |
|---------|--|
| Nodo A | |
| Nodo B | |
| Nodo C | |
| Nodo D | |
| Nodo E | |
| Nodo F | |

CuadroI -6. Corrientes del segundo circuito Δ -Y

| AMPERAJE | |
|----------------|--|
| Resistencia 1 | |
| Resistencia 2 | |
| Resistencia 3 | |
| Resistencia 4 | |
| Resistencia 5 | |
| Resistencia 8 | |
| Resistencia RB | |
| Resistencia RC | |
| Resistencia RF | |

¿Se conservan los valores de voltajes en los nodos para los cuales se cambiaron las resistencias (nodos BCF)? _____

¿Por qué es que son o no iguales? _____

¿Se conservan los valores de corriente en las ramas que llegan a los nodos (nodos BCF)? _____

Utilizando las ecuaciones que dan las relaciones entre las configuraciones, obtenga los valores de las resistencias de la configuración estrella, equivalente de la configuración DELTA (BDF) en el circuito.

Cuadro I-7. Valores para las resistencias del segundo circuito Δ -Y

| RESISTENCIA | Valor |
|-------------|-------|
| RED | |
| RAD | |
| RAE | |

Luego, utilizando los potenciómetros cambie las configuraciones en el circuito físico y calibre los potenciómetros hasta obtener los valores deseados. Ahora se desea saber los nuevos voltajes en los nodos y las corrientes en las ramas.

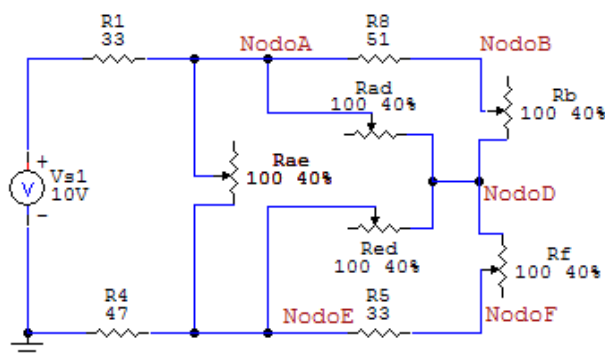


Figura I-7. Tercer circuito Δ -Y

Medir los voltajes en cada nodo y las corrientes en cada malla. Completar las siguientes tablas.

CuadroI -8. Voltajes del tercer circuito Δ -Y

| VOLTAJE | |
|---------|--|
| Nodo A | |
| Nodo B | |
| Nodo D | |
| Nodo E | |
| Nodo F | |

CuadroI -9. Corrientes del tercer circuito Δ -Y

| AMPERAJE | |
|-----------------|--|
| Resistencia 1 | |
| Resistencia 4 | |
| Resistencia 5 | |
| Resistencia 8 | |
| Resistencia RB | |
| Resistencia RF | |
| Resistencia RAD | |
| Resistencia RED | |
| Resistencia RAE | |

¿Se conservan los valores de voltajes en los nodos para los cuales se cambiaron las resistencias (ADG)?

¿Por qué es que son o no iguales? _____

¿Qué puede concluir de las relaciones voltaje- corriente- resistencias en las conversiones entre los sistemas? _____

J. GUÍA DE LABORATORIO: DESOLDAR

Es necesario que antes de empezar a soldar el alumno tenga una primera interacción con su caufín, por lo que en esta guía de laboratorio se presentará la forma en que se deben desoldar componentes de alguna placa impresa.

1. Objetivos

- Conocer los elementos que nos ayudan a sustraer un componente de una placa impresa y su forma de utilización correcta.
- Reconocer la potencia de la herramienta de soldadura.
- Aprender una técnica para desoldar componentes de una placa impresa.
- Practicar desoldar componentes, para poder corregir errores cuando el alumno requiera de componer una placa impresa.

2. Fundamentos teóricos

a. Características del desoldador. Es importante aprender a desoldar, ya que es una práctica habitual que se realiza cuando algún componente defectuoso debe ser cambiado por otro. Por lo que se debe de saber acerca del uso del desoldador y las mechas de desoldadura.

1) El desoldador de pera. A la derecha se observa un soldador de tipo lápiz sin punta. En lugar de la punta se le coloca el accesorio que se ve debajo y se tiene un desoldador de pera. Este accesorio tiene una punta, un depósito donde se almacena el estaño absorbido, una espiga para adaptarlo al soldador y una pera de goma que sirve para hacer el vacío que absorberá el estaño.



Figura J-1. Desoldador de pera

2) El desoldador de vacío o chupón. Este desoldador de vacío es una bomba de succión que consta de un cilindro que tiene en su interior un émbolo accionado por un muelle.

Tiene una punta de plástico, que soporta perfectamente las temperaturas utilizadas. El cuerpo principal (depósito) suele ser de aluminio. Para manejarlo se debe cargar venciendo la fuerza del muelle y en el momento deseado pulsar el botón que libera el muelle y se produce el vacío en la punta. Para limpiar el depósito, generalmente hay que desmontarlo desenroscando sus partes.



Figura J-2. Desoldador de vacío

b. Procedimiento para desoldar. Para desoldar un componente: con una mano se sujeta el soldador con el que se calienta el estaño hasta fundirlo y con la otra el desoldador, listo para apretar el botón de absorción. Se derrite el estaño y sin dejar de calentar se acerca el desoldador, se pone en contacto con el estaño derretido y se hace la succión del estaño.

En el caso de utilizar un desoldador de pera, se presiona la pera de goma después que el estaño este derretido y luego soltar la pera. Con el vacío generado se absorberá el estaño. Para limpiar, poner la punta en paralelo y presionar nuevamente la pera de goma, tener cuidado ya que el estaño saldrá caliente.

Una vez quitado el estaño y quitado el componente se debe limpiar el pad de pequeños restos de estaño pues no es bueno soldar el nuevo componente sobre el estaño antiguo. Para eso se aplica la mecha de desoldadura, que no es más que una malla de cobre que va recubierta de una resina sintética que facilita la rápida absorción del estaño de soldadura dejando una cantidad mínima de residuo no corrosivo.

Se pone la mecha sobre el pad a limpiar y se aplica el soldador sobre la mecha. La mecha se calentará, calentará el poco estaño que quede sobre el pad y este se fundirá adhiriéndose a la mecha y dejando el pad listo para soldar el nuevo componente.



Figura J-3. Mecha para desoldadura

3. Laboratorio

Cuadro J-1. Materiales para la guía de desoldar

| Cantidad | Descripción |
|----------|-----------------------------|
| 1 | Placa impresa para desoldar |
| 1 | Bomba de vacío |
| 1 | Cautín con soporte |
| | Pinzas |
| | Esponja húmeda |

Debe desoldar de la placa de circuito impreso los siguientes componentes:

- a) circuito integrado
- b) transistor
- c) diodo
- d) capacitor
- e) inductor
- f) Resistencia

Al terminar de desoldar limpiar el cautín y la bomba de vacío. Con ayuda del multímetro y los instrumentos de laboratorio, corroborar que los componentes desoldados se encuentren en buen estado.

K. GUÍA DE LABORATORIO: DIODOS

En esta guía de laboratorio el alumno debe utilizar y conocer el funcionamiento de los diodos aplicando voltajes de corriente directa. Como practica de laboratorio se presenta circuitos de uso común, que el alumno puede aplicar en el diseño de futuros circuitos que ha de desarrollar en los siguientes cursos.

1. Objetivos

- Aprender sobre el funcionamiento de un diodo.
- Analizar su respuesta dependiendo del tipo de polarización.
- Construir la gráfica de su funcionamiento respecto del voltaje aplicado.
- Construir compuertas lógicas básicas con diodos.
- Identificar la respuesta a las diferentes condiciones de voltaje de alimentación en las compuertas lógicas.

2. Fundamentos teóricos

a. El diodo. Es el dispositivo más sencillo y se puede encontrar, prácticamente en cualquier circuito electrónico.

Los diodos se fabrican en versiones de silicio (la más utilizada) y de germanio. Son dispositivos unidireccionales, por tanto por ellos no puede circular la corriente en sentido contrario al de conducción.



(A-ánodo, K- cátodo)

Figura K-1. Símbolo del diodo

El diodo es un elemento semiconductor el cual está compuesto de dos capas, por una unión P-N, separados por una juntura también llamada barrera o unión. Esta barrera o unión es de 0.3 voltios en el germanio y de 0.6 voltios aproximadamente en el diodo de silicio.

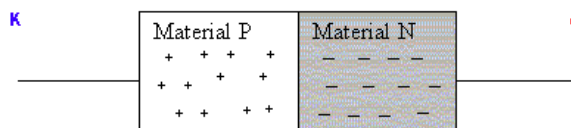


Figura K-2. Composición física del diodo

El diodo se puede hacer funcionar de 2 maneras diferentes: Polarización directa e indirecta

b. Polarización directa. Es cuando la corriente que circula por el diodo sigue la ruta de la flecha (del diodo), o sea del ánodo al cátodo. La barrera de potencial tiende a disminuir por lo que la corriente puede circular y vencer la barrera de potencial, comportándose prácticamente como un corto circuito. Cuando un diodo está activo generará el voltaje correspondiente a su barrera de potencial, esto indicara que está circulando la corriente.

c. Polarización inversa. Es cuando la corriente en el diodo desea circular en sentido opuesto (a la flecha del diodo), o sea del cátodo al ánodo. Cuando el diodo está en polarización inversa la barrera de potencial tiende a crecer por lo que se dice que el diodo se abre (o sea que la barrera de potencial se hace tan grande que la corriente no puede vencerla y el diodo es equivalente a tener un interruptor abierto).



Figura K-3. Tipos de polarización en el diodo

El modelo equivalente del diodo es un interruptor ya que en polarización inversa actúa como una compuerta abierta y en polarización directa actúa como una compuerta cerrada.

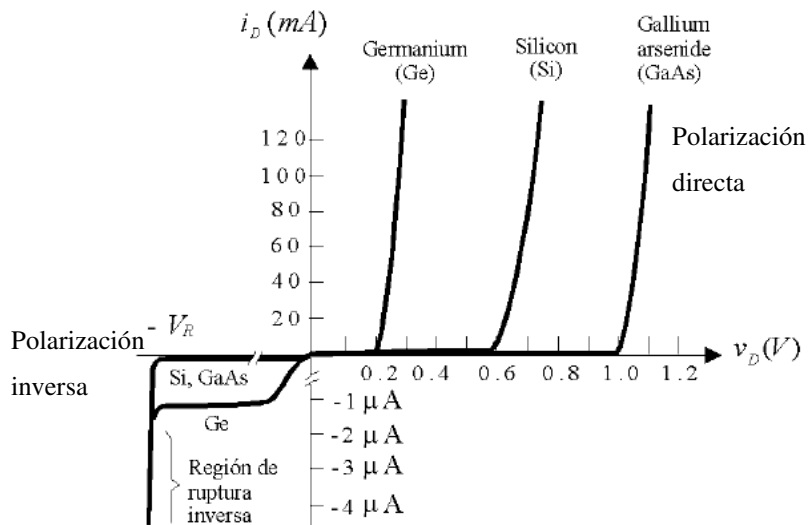


Figura K-4. Gráfica del modelo del diodo

3. Laboratorio

CuadroK -1. Materiales para la guía del diodo

| Cantidad | Descripción |
|----------|---------------------------|
| 1 | Resistencia de 1 kΩ |
| 1 | Dip switch de 4 contactos |
| 3 | Diodo 1N4001 |
| | Multímetro |
| | Fuente de voltaje |

Construir el circuito y luego medir el voltaje sobre R1 para los casos que se presenta en la tabla.

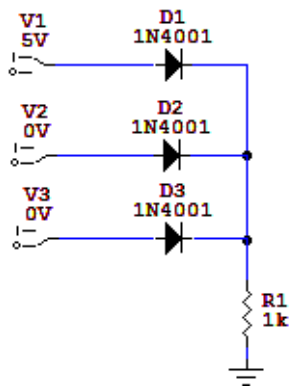


Figura K-5. Circuito de compuerta con diodos en polarización directa

CuadroK -2. Mediciones del circuito de compuerta con diodos en polarización directa

| VOLTAJE | | | |
|---------|-----|-----|----|
| V1 | V2 | V3 | R1 |
| 0 V | 0 V | 0 V | |
| 0 V | 0 V | 5 V | |
| 0 V | 5 V | 0 V | |
| 5 V | 0 V | 0 V | |
| 5 V | 0 V | 5 V | |
| 5 V | 5 V | 0 V | |
| 5 V | 5 V | 5 V | |

¿A qué compuerta lógica es equivalente este circuito? _____

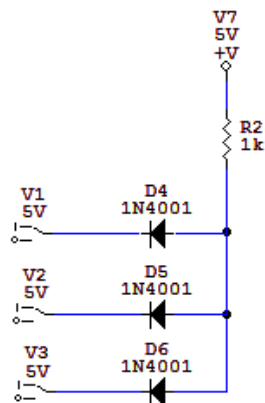


Figura K-6. Circuito de compuerta con diodos en polarización inversa

CuadroK -3. Mediciones del circuito de compuerta en polarización inversa

| VOLTAJE | | | |
|---------|-----|-----|----|
| V1 | V2 | V3 | R1 |
| 0 V | 0 V | 0 V | |
| 0 V | 0 V | 5 V | |
| 0 V | 5 V | 0 V | |
| 5 V | 0 V | 0 V | |
| 5 V | 0 V | 5 V | |
| 5 V | 5 V | 0 V | |
| 5 V | 5 V | 5 V | |

¿A qué compuerta lógica es equivalente este circuito? _____

Con los dos siguientes experimentos se construirá la curva de funcionamiento del diodo. Para la cual se evaluará el voltaje a través del diodo con la corriente determinada por el potenciómetro. Para completar la curva, se evaluará el diodo polarizando directa e inversamente.

CuadroK -4. Mediciones del circuito de polarización inversa

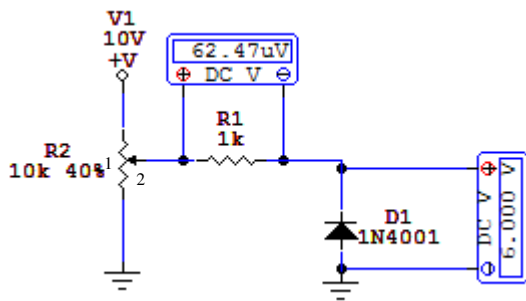


Figura K-7. Circuito de polarización inversa

| VOLTAJE | | |
|-----------|---------|---------|
| Diodo (V) | R1 (mV) | R2 (mA) |
| 7 | | |
| 6 | | |
| 5 | | |
| 4 | | |
| 3 | | |
| 2 | | |
| 1 | | |
| 0.8 | | |
| 0.6 | | |
| 0.4 | | |
| 0.2 | | |

Rotando el diodo cambiamos de polarización, para obtener el resto de mediciones.

CuadroK -5. Mediciones del circuito de polarización directa

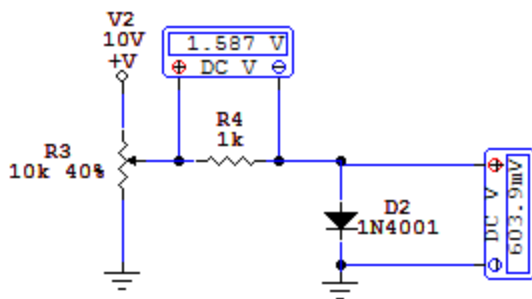


Figura K-8. Circuito de polarización directa

| VOLTAJE | | |
|---------|------------|---------|
| R4 (V) | Diodo (mV) | R1 (mA) |
| 0.1 | | |
| 0.2 | | |
| 0.3 | | |
| 0.4 | | |
| 0.5 | | |
| 0.6 | | |
| 0.7 | | |
| 0.8 | | |
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |
| 4 | | |
| 5 | | |

Con los datos obtenidos graficar la curva de funcionamiento del diodo, en la cuadrícula siguiente.

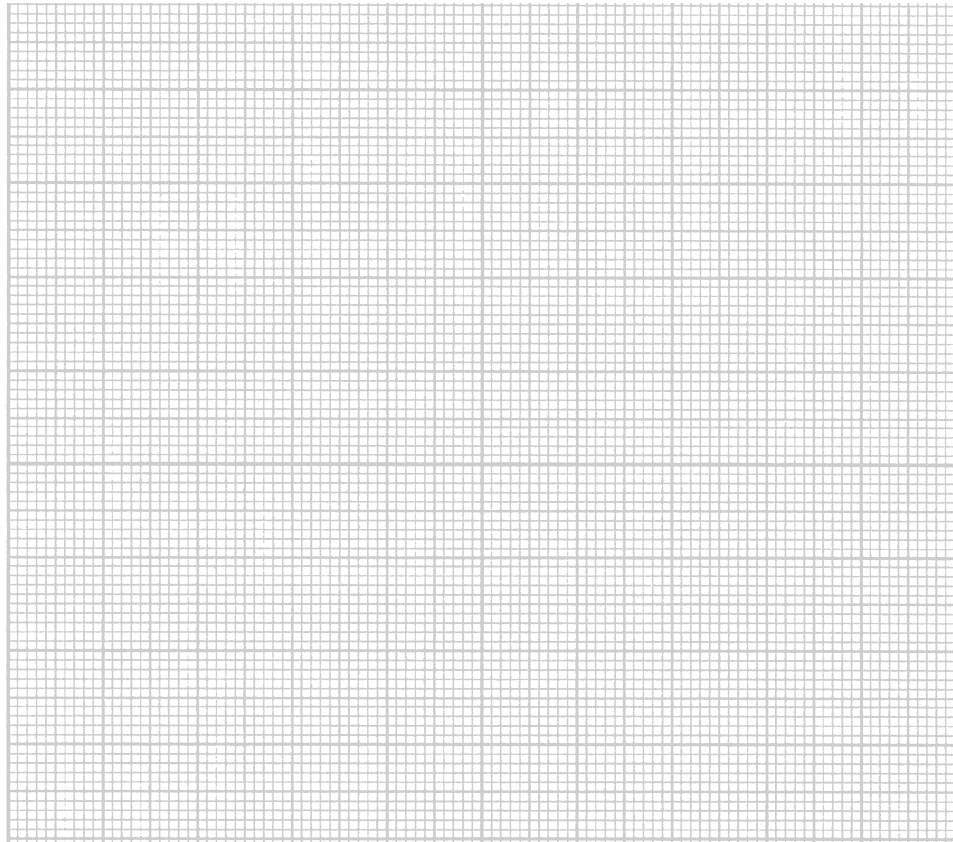


Figura K-9. Gráfica del comportamiento del diodo

L. GUÍA DE LABORATORIO: FUENTE DE VOLTAJE (PRIMERA PARTE)

En esta guía de laboratorio el alumno debe construir su propia fuente de voltaje. La práctica está dividida en dos partes, ya que esto ayudará a que el alumno pueda asimilar y reconocer de una forma más precisa el funcionamiento de los componentes de la fuente de voltaje que está construyendo.

1. Objetivos

- Construir la primera parte de la fuente de voltaje.
- Aprender sobre el proceso de rectificación de voltaje.
- Identificar la acción y funcionamiento de cada componente en el circuito construido.
- Establecer el funcionamiento del transformador de voltaje

2. Laboratorio

CuadroL -1. Materiales para la guía de la fuente de voltaje (primera parte)

| Cantidad | Descripción |
|----------|---|
| 1 | Transformador de 110Vrms a 24Vrms para 3A |
| 1 | Puente de diodos de 3 A |
| 1 | Porta fusible de 3A |
| 1 | Fusible de 3A |
| 1 | Switch |
| 1 | Espiga |
| 1 | Metro de alambre calibre 12 |
| 1 | Led |
| 2 | Resistencia de 1k Ω |
| 2 | Capacitor de 1 μF |
| 2 | Capacitor de 10 μF |
| 2 | Capacitor de 100 μF |
| 2 | Capacitor de 470 μF |
| 2 | Capacitor de 1000 μF |
| 2 | Capacitor de 2200 μF |
| 2 | Punta de osciloscopio |
| | Cinta de aislar |
| | Soldador |
| | Estaño |

Construir el circuito que se observa en la siguiente figura:

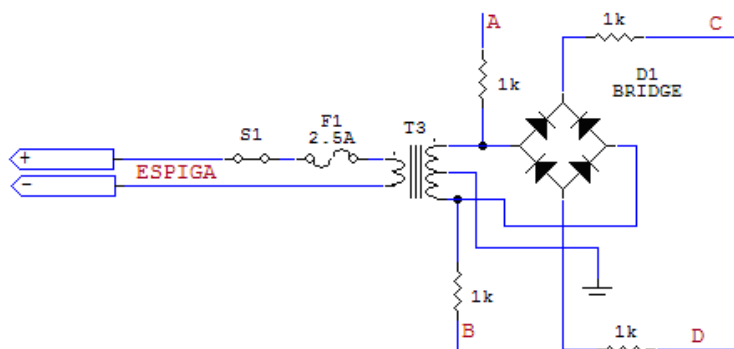


Figura L-1. Circuito rectificador de onda

Realizar las mediciones que se indican utilizando el osciloscopio. Se recomienda que se utilice la punta de medición en un factor de 10 y que como medio de conexión entre el punto de medición y la punta de osciloscopio, se coloque la resistencia de 1k entre la punta de osciloscopio y el punto a medir, con esto se evitará que circule una corriente muy elevada hacia la entrada del osciloscopio.

La gráfica base, con la que se compararán las señales de los nodos A, B, C y D se tomara con la segunda punta de osciloscopio sobre los extremos del transformador (nodos A-B). Recuerde que para cada gráfica debe de considerar el periodo y la amplitud, para que la comparación sea precisa.

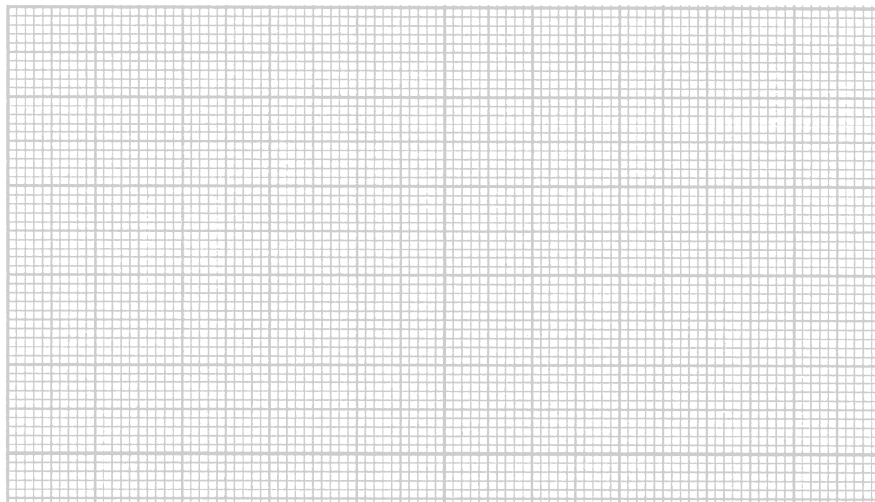


Figura L-2. Gráfica de la señal rectificada

Ya que comparó las gráficas que se obtienen después del puente rectificador con respecto del transformador de voltaje. Ahora complete el circuito con los capacitores en paralelo C1 y C2, como se indica en el circuito. Empiece con los capacitores de valor 1 μ F. Obtenga la gráfica midiendo del tap central hacia los puntos E y F. Luego aumente el valor de dichos capacitores cambiándolos por el siguiente valor que contenga.

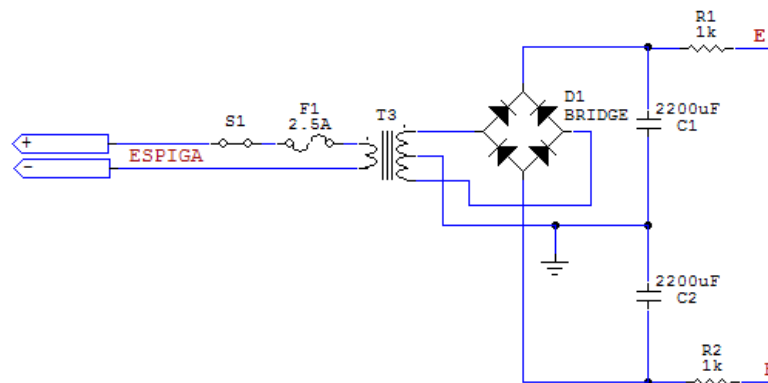


Figura L-3. Circuito rectificador con promedidores de señal

Utilizando como base la señal de de alimentación, graficar y compara la señal promediada para cada par de capacitores.

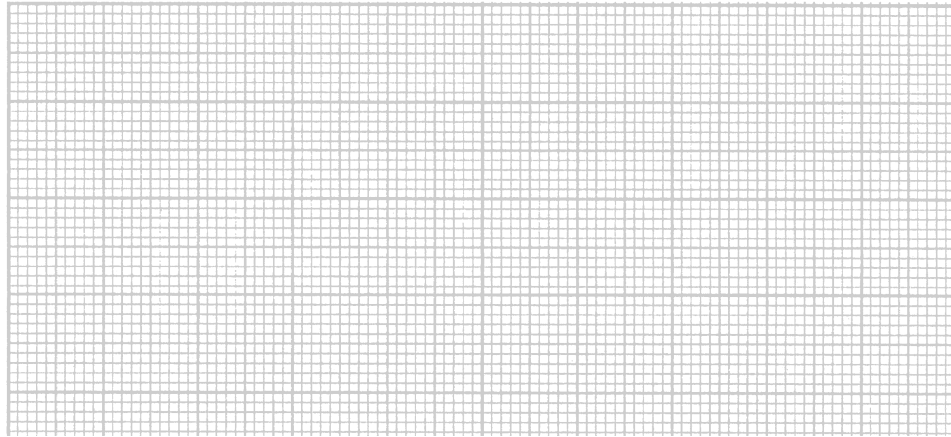


Figura L-4. Gráfica de la señal rectificadora promediada

Explicar el proceso por el cual la señal ya no decae hasta cero voltios. _____

Por último, agregue los capacitores de 1 μF como se indica en la figura y haga las mediciones correspondientes para los nodos G y H. Además se agrega una rama con un led que proporciona una señal visible de que el voltaje ha sido rectificado correctamente.

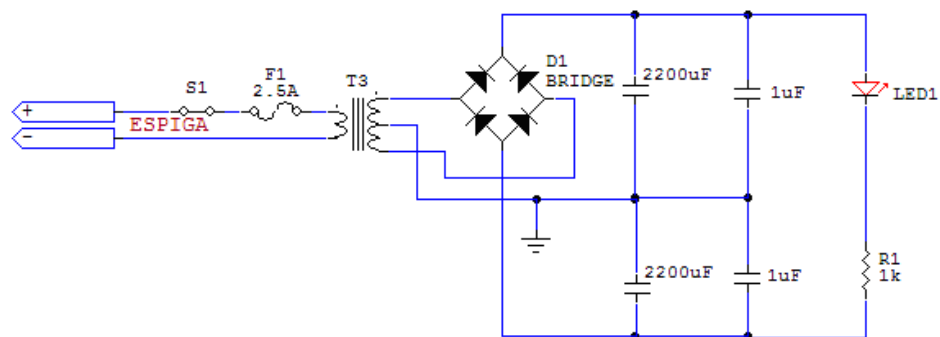


Figura L-5. Circuito rectificador promediado con indicador de voltaje

Utilizando como base la señal de de alimentación, graficar y compara la señal obtenida.

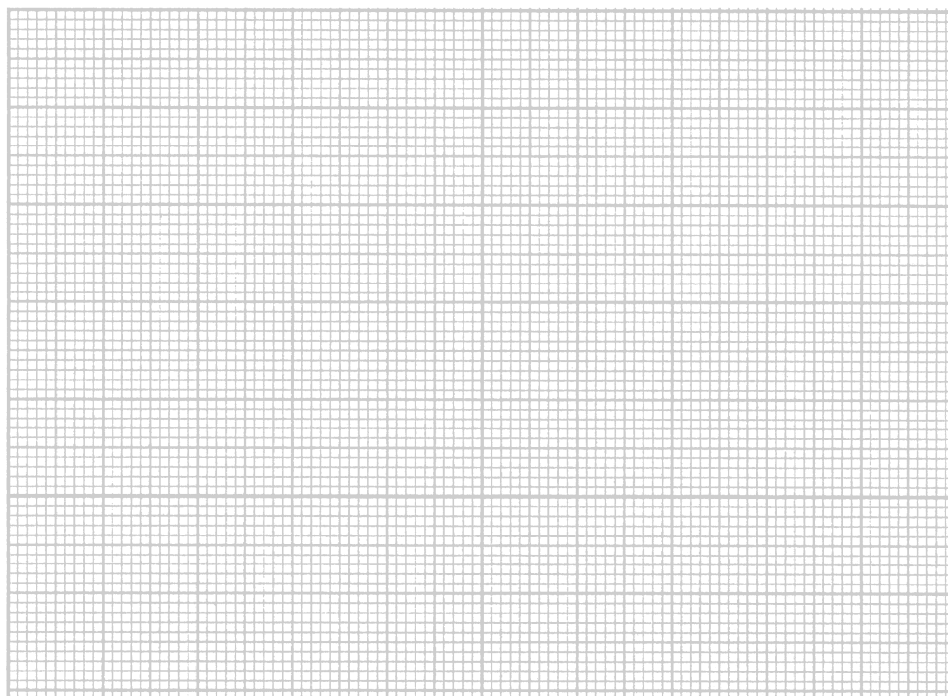


Figura L-6. Gráfica de la señal rectificadora promediada con indicador de voltaje

M. GUÍA DE LABORATORIO: FUENTE DE VOLTAJE (SEGUNDA PARTE)

En esta guía de laboratorio es deseado que el alumno complete su fuente de voltaje para que ésta sea variable y además regulada.

1. Objetivos

- Completar la fuente de voltaje construyendo la segunda parte del circuito.
- Identificar el proceso de regulación de voltaje.
- Reconocer la reacción del regulador de voltaje respecto a la corriente emanada por la carga.
- Agregar los componentes faltantes e identificar su funcionamiento dentro del circuito.

2. Pre-Laboratorio. Leer las hojas de datos de los reguladores LM317 y LM337.

3. Laboratorio

CuadroM -1. Materiales para la guía de la fuente de voltaje (segunda parte)

| Cantidad | Descripción |
|----------|---|
| 1 | Regulador de voltaje LM317 |
| 1 | Regulador de voltaje LM337 |
| 2 | Capacitor de 100 μF |
| 2 | Capacitor de 1 μF |
| 2 | Resistencia de 240 Ω para $\frac{1}{4}$ Watt |
| 2 | Potenciómetro de 1 k Ω |
| 2 | Potenciómetro de 5 k Ω |
| 1 | Resistencia 1 Ω |
| 1 | Resistencia 5 Ω |
| 1 | Resistencia 10 Ω |
| 1 | Resistencia 25 Ω |
| 1 | Resistencia 50 Ω |
| 1 | Resistencia 100 Ω |
| 1 | Resistencia 200 Ω |
| 1 | Resistencia 500 Ω |
| 1 | Resistencia 1 k Ω |
| 1 | Resistencia 10 k Ω |
| 1 | Resistencia 50 k Ω |
| 1 | Resistencia 100 k Ω |
| 1 | Resistencia 500 k Ω |
| 1 | Resistencia 1 M Ω |

Agregar al circuito que se construyó en la primera parte de la guía de la fuente de voltaje, los reguladores, la resistencia y los potenciómetros. Con esto se espera que se pueda variar el voltaje en las salidas de la fuente de voltaje. Cada regulador tiene indicado el número de la terminal que corresponde a cada conexión dentro del circuito.

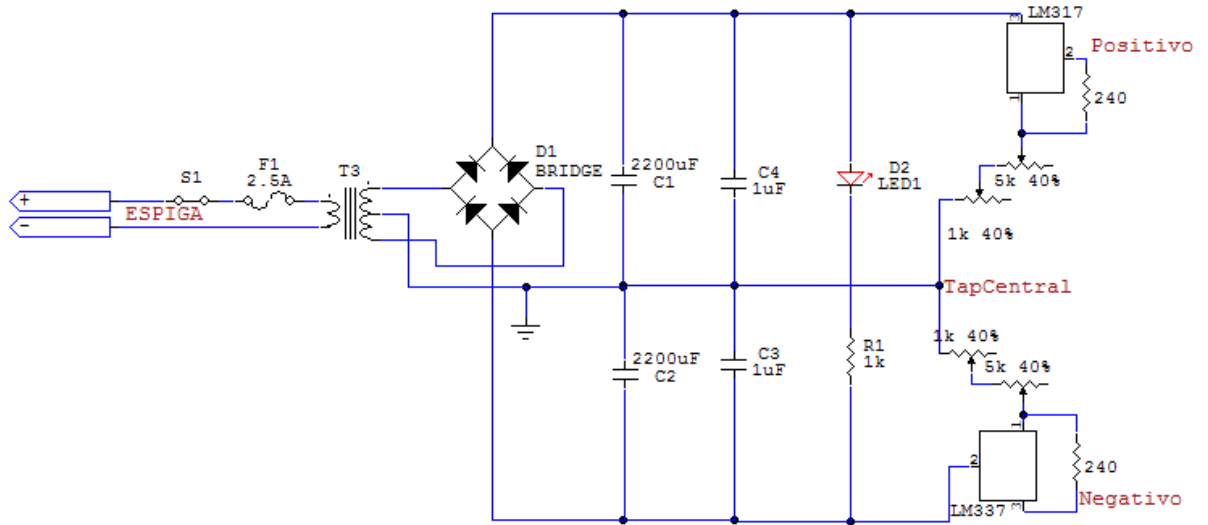


Figura M-1. Circuito rectificado promediado con reguladores de voltaje

Varíe los potenciómetros y verifique que en los nodos positivo y negativo, cambien el voltaje con relación a la posición de los potenciómetros. Luego, agregue los capacitores como se indica en la figura y compare las mediciones realizadas anteriormente.

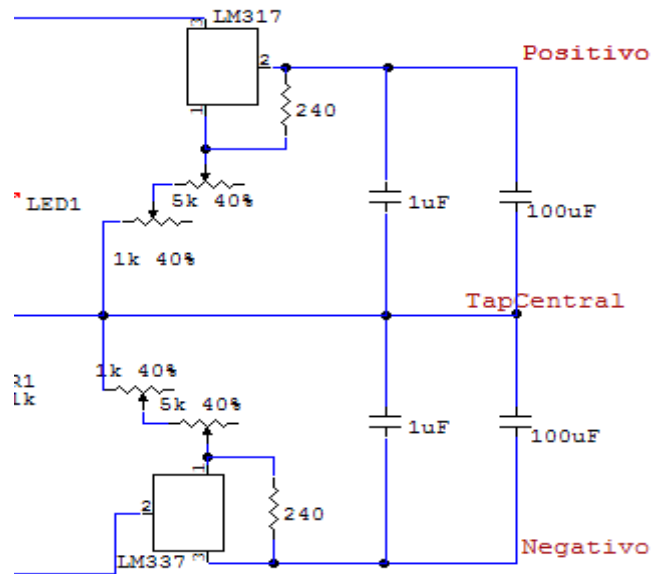


Figura M-2. Circuito de señal regulada promediada

Determine el buen funcionamiento de su fuente colocando resistencias en la salida de la misma. Llene la siguiente tabla para verificar el funcionamiento. Luego de tomar los datos construya gráficas adecuadas que le ayuden a observar el comportamiento de su fuente. Presente un trabajo escrito con el análisis y las conclusiones de sus observaciones.

¿Se mantiene el voltaje regulado? _____ ¿Cómo afecta esto la carga y por ende corriente del circuito? _____

¿Cumple su función el fusible de la fuente? _____

CuadroM -2. Mediciones de voltaje en fuente de voltaje

| VOLTAJE | 1 Voltio | 3 Voltios | 5 Voltios | 10 Voltios | 15 Voltios |
|----------------|----------|-----------|-----------|------------|------------|
| 1 Ω | | | | | |
| 5 Ω | | | | | |
| 10 Ω | | | | | |
| 25 Ω | | | | | |
| 50 Ω | | | | | |
| 100 Ω | | | | | |
| 200 Ω | | | | | |
| 500 Ω | | | | | |
| 1 k Ω | | | | | |
| 10 k Ω | | | | | |
| 50 k Ω | | | | | |
| 100 k Ω | | | | | |
| 500 k Ω | | | | | |
| 1 M Ω | | | | | |

CuadroM -3. Mediciones de corriente en fuente de voltaje

| AMPERAJE | 1 Voltio | 3 Voltios | 5 Voltios | 10 Voltios | 15 Voltios |
|----------------|----------|-----------|-----------|------------|------------|
| 1 Ω | | | | | |
| 5 Ω | | | | | |
| 10 Ω | | | | | |
| 25 Ω | | | | | |
| 50 Ω | | | | | |
| 100 Ω | | | | | |
| 200 Ω | | | | | |
| 500 Ω | | | | | |
| 1 k Ω | | | | | |
| 10 k Ω | | | | | |
| 50 k Ω | | | | | |
| 100 k Ω | | | | | |
| 500 k Ω | | | | | |
| 1 M Ω | | | | | |

N. GUÍA DE LABORATORIO: INDUCTOR

En esta guía de laboratorio se desea que el alumno comprenda la relación que existe entre el voltaje, la corriente y el inductor.

1. Objetivos

- Familiarizarse con los inductores.
- Construir un circuito para identificar el comportamiento de estos respecto de la fuente de alimentación.
- Identificar el comportamiento de los inductores con respecto al tipo de conexión en que se encuentren dentro del circuito.
- Identificar en que relación se altera la inductancia con respecto al tipo de conexión.

2. Fundamentos teóricos

a. El inductor. La inductancia es la propiedad eléctrica de los inductores, se utiliza la L para nombrarlos. Al asignar la dirección de referencia de la corriente en dirección de la caída de voltaje en las terminales del inductor, se produce v que se mide en voltios.

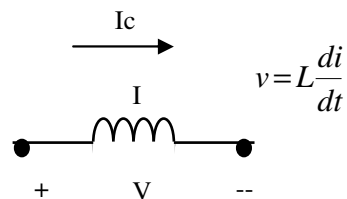


Figura N-1. Circuito del inductor

Es importante resaltar que el voltaje en las terminales de un inductor es proporcional a la tasa de cambio en el tiempo de la corriente del inductor. De esta forma si la corriente en el inductor es constante, el inductor se comportara como un corto.

Cuando se abre un interruptor en un circuito inductivo, en un principio, la corriente continua circulando en el aire a través del interruptor, este fenómeno se llama arqueo. El arqueo a través del interruptor evita que la corriente disminuya a cero en forma instantánea. Esto se puede explicar al observar la ecuación que describe al inductor, si la corriente aumenta o disminuye en un instante lo que se obtiene un voltaje infinito, lo cual es imposible, por lo que la corriente debe de ir disminuyendo poco.

La conmutación de circuitos inductivos constituye un importante problema de ingeniería, debido a que el arqueo y el sobre voltaje deben controlarse para evitar daños en los equipos.

b. Circuitos RL en serie. En este circuito se tiene una resistencia y una bobina en serie. La corriente en ambos elementos es la misma. El voltaje en la resistencia está en fase con la corriente que pasa por ella, pero el voltaje en la bobina está adelantado a la corriente que pasa por ella en 90° , por lo que el voltaje tiene su valor máximo antes que la corriente.

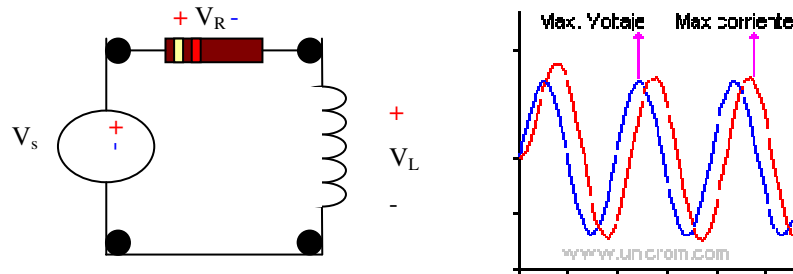


Figura N-2. Comportamiento del circuito RL en serie

El valor de la fuente de voltaje que alimenta este circuito esta dado por las siguientes fórmulas:

$$\text{Voltaje: } V_s = \sqrt{V_r^2 + V_c^2}$$

$$\text{Ángulo: } \theta_s = \arctan \frac{V_L}{V_r}$$

La impedancia Z sería la suma de la resistencia y la reactancia inductiva. Y se puede calcular con ayuda de la siguiente fórmula:

$$\text{Impedancia: } Z = \frac{V_s \angle \theta_s}{I \angle \theta_i} = \frac{V_s}{I} \angle \theta_s - \theta_i$$

c. Circuitos RL en paralelo. En un circuito paralelo, el valor de voltaje es el mismo para la resistencia y para la bobina. La corriente que pasa por la resistencia está en fase con el voltaje aplicado, en cambio en la bobina la corriente se atrasa 90° con respecto al voltaje, el valor máximo de voltaje sucede antes que el valor.

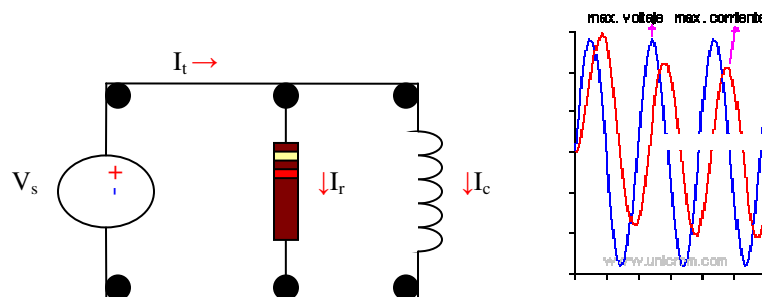


Figura N-3. Comportamiento del circuito RL en paralelo

La corriente total que alimenta este circuito se puede obtener con ayuda de las siguientes fórmulas:

$$\text{Corriente alterna Total: } I_t = \sqrt{I_r^2 + I_c^2}$$

$$\text{Ángulo de desfase: } \theta_{it} = \arctan \frac{-I_L}{I_r}$$

La impedancia Z se obtiene con ayuda de la siguiente fórmula:

$$Z = \frac{V_s \angle \theta_s}{I_t \angle \theta_{it}} = \frac{V_s}{I_t} \angle \theta_s - \theta_{it}$$

3. Pre-Laboratorio. Demostrar las equivalencias de los inductores en serie y en paralelo.

4. Laboratorio

CuadroN -1. Materiales para la guía del inductor

| Cantidad | Descripción |
|----------|---|
| 1 | Resistencia de 3.9k Ω |
| 1 | Resistencia de 100k Ω |
| 1 | Resistencia de 1 Meg Ω |
| 2 | Capacitor de 100 nF |
| 1 | Capacitor de 220 μ F |
| 1 | Inductor de 10mH de cubierta plástica (como valor mínimo) |
| 1 | BC547A |
| 1 | Timer 555 |
| 1 | Diodo Shottky 1N5828 |
| 1 | Led |
| | Celular |
| | Fuente de voltaje |
| | Multímetro |

Construir el siguiente circuito.

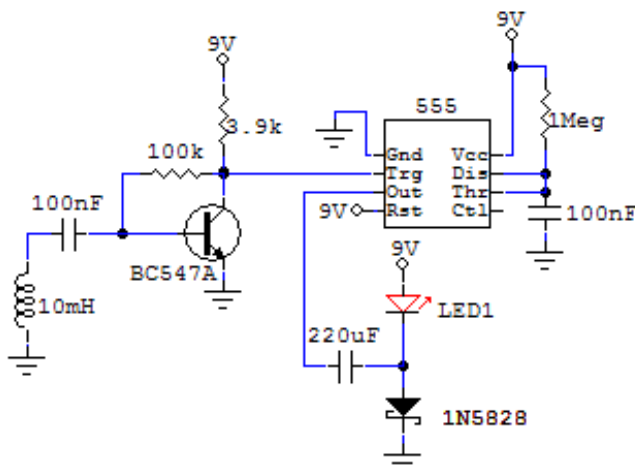


Figura N-4. Circuito de alarma para identificación de recepción de llamadas en celulares

Este circuito detecta, cuando un celular va a recibir una llamada telefónica. Colocando el circuito al lado del celular, envíe mensajes de texto por medio de las páginas de los distribuidores telefónicos. De esta manera cuando el celular vaya a recibir el mensaje, el led empezara a titilar.

O. GUÍA DE LABORATORIO: INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

En esta guía de laboratorio se desea que el alumno conozca los instrumentos que se utilizan para el funcionamiento y análisis de los circuitos electrónicos y sus componentes.

1. Objetivos

- Conocer las partes de un multímetro, su utilización y parámetros de medición.
- Conocer las partes del capacitómetro, su utilización y parámetros de medición.
- Conocer las partes del inductímetro, su utilización y parámetros de medición.
- Conocer las partes del probador de transistores, su utilización y parámetros de medición.
- Conocer las partes de la fuente de voltaje, su utilización y parámetros de medición.
- Conocer las partes del generador de funciones, su utilización y parámetros de medición.
- Conocer las partes del osciloscopio, su utilización y parámetros de medición.
- Identificar los instrumentos de laboratorio en las mesas de trabajo con ayuda de las fotografías presentadas en esta guía.
- Reconocer algunos parámetros importantes de medición para así evitar futuros errores.

2. Fundamentos teóricos

a. **Multímetro.** El multímetro es un instrumento que trae incorporado varios circuitos de medición. Con él se puede saber valores de voltaje y amperaje de fuentes de voltaje AC y DC. También se puede obtener el valor de una resistencia, continuidad.

Además, los multímetros traen incorporado un módulo con el cual se puede comprobar si un transistor de encuentra en buen estado, ya que nos indica la ganancia que presenta.

Algunos multímetros más robustos, pueden realizar mediciones de frecuencia de una señal, capacitancia, inductancia y temperatura por medio de termo coplas.

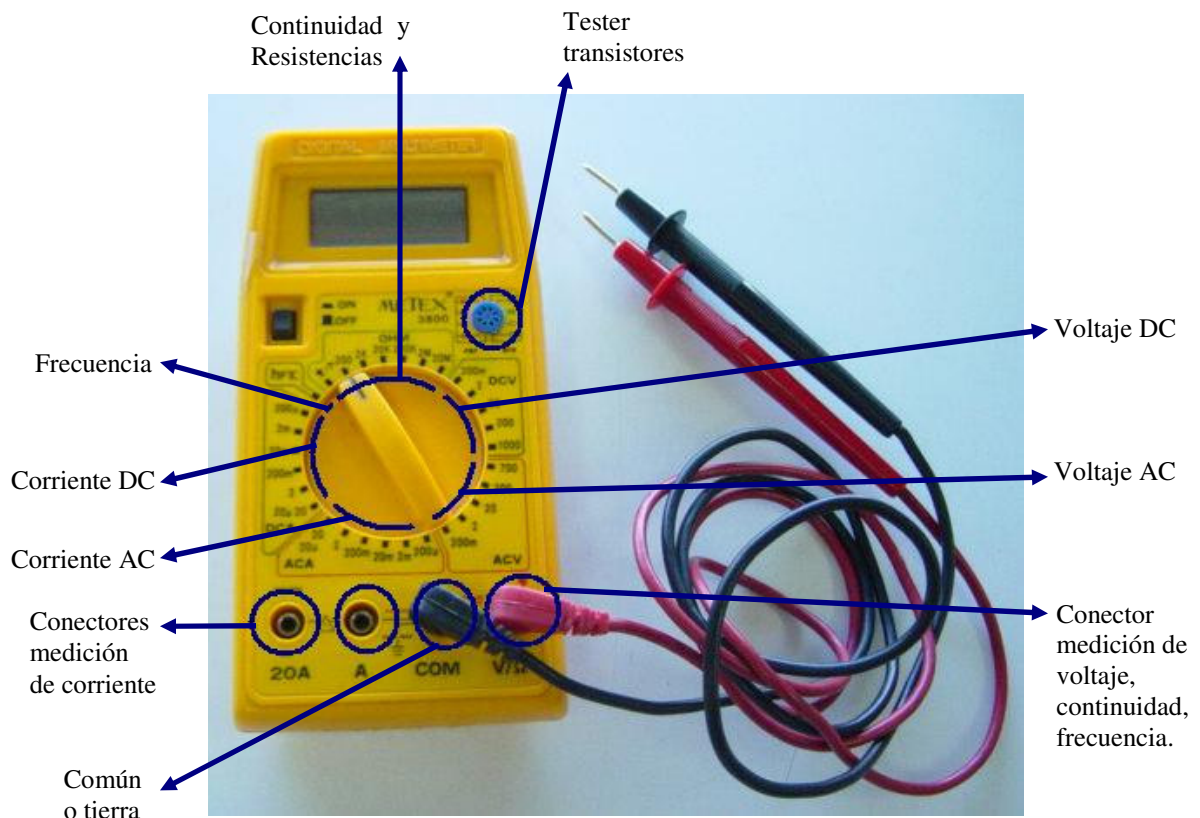


Figura O-1. Multímetro

b. **Capacitómetro.** Sirve para determinar el valor de capacitancia de un componente. Este circuito viene incorporado en algunos multímetros. Para capacitores cerámicos no importa cómo se conecten las terminales, sin embargo para capacitores electrolíticos es necesario conectar adecuadamente la terminal positiva y negativa con la correspondiente en el instrumento.



Figura O-2. Capacitómetro

c. Inductímetro. Se utiliza para medir el valor de inductancia de los componentes, en la siguiente figura se puede observar un multímetro con el cual se puede realizar mediciones de inductancia, capacitancia y resistencia.



Figura O-3. Multímetro con inductímetro incluido

d. Tester para transistores. Con este aparato se puede identificar, que tipo de transistor se posee. Se determinan características como: composición (silicio o germanio), configuración PNP o NPN, la ganancia y la forma en que se encuentran colocadas las terminales en el empaquetado.



Figura O-4. Medidor de transistores

e. Fuente de voltaje. Suministra voltaje DC. El rango de voltaje que puede proporcionar es de 0 a 33 voltios, en un rango de 0 a 3 amperios. Dentro del panel se tiene un par de leds indicadores de estado, cuando la fuente se encuentra funcionando adecuadamente se puede observar encendido el led verde. Ahora cuando la fuente no se encuentra funcionando adecuadamente se encenderá el led rojo indicando que se encuentra en corto circuito.

Este estado puede darse por distintas razones, entre las más comunes se encuentra que la terminal de positivo y negativo estén conectadas directamente. Otra razón que se da con frecuencia es que el nivel de corriente que se colocó como máximo a suministrar sea inferior al que el circuito demanda.

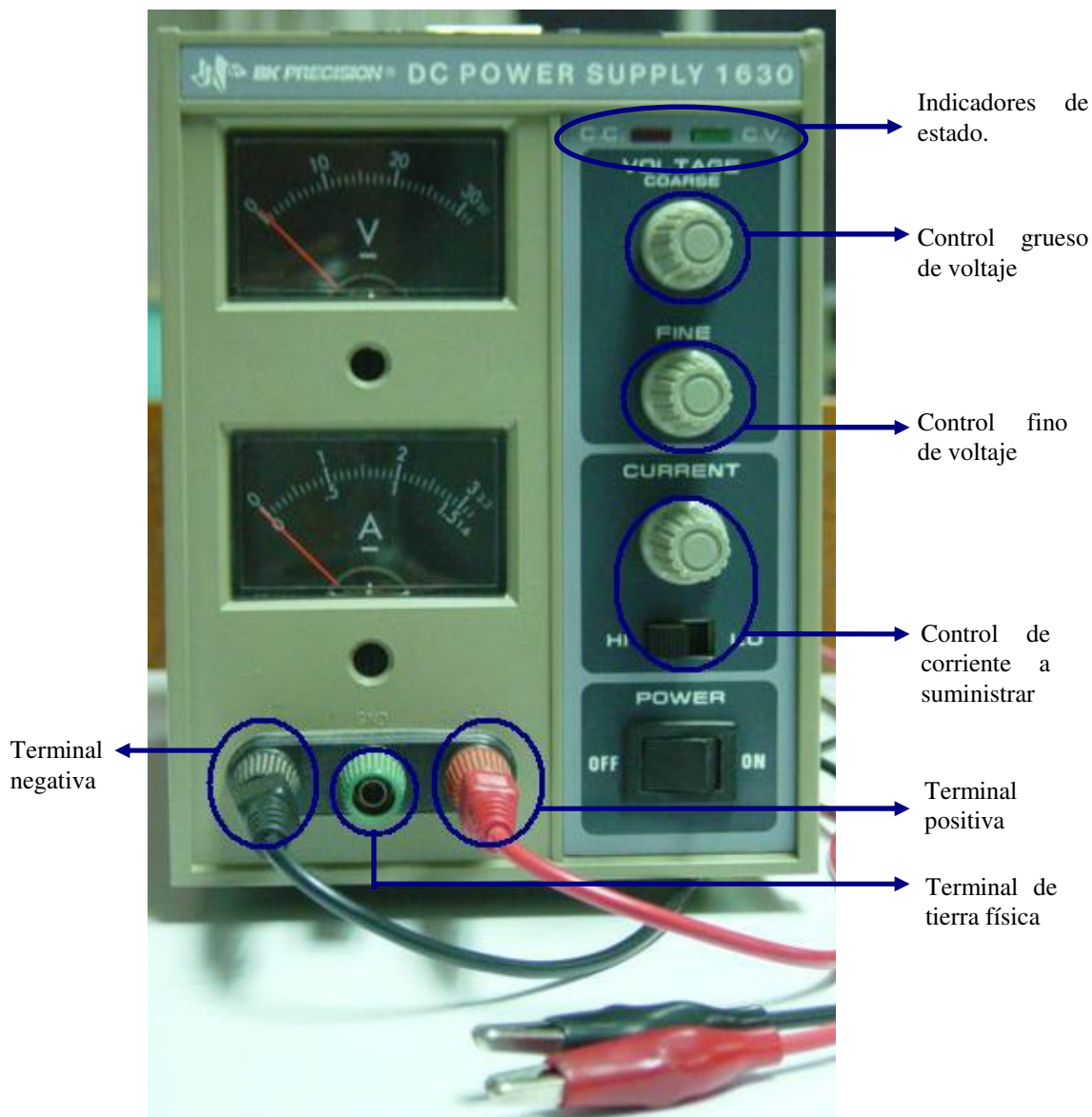


Figura O-5. Fuente de voltaje

f. Osciloscopio. Sirve para observar el comportamiento de señales con periodos muy pequeños.

El osciloscopio se puede configurar, de tal forma que se pueda identificar correctamente en la cratícula las propiedades de la señal que se observa. Dentro de los controles, se tiene uno para amplitud, periodo, nivel de referencia, nivel de trigger, el tipo de acople, entre los más importantes. Además tiene un control seleccionador del canal de entrada se desea observar.

Por otro lado, se puede manipular la señal desplazándola por la cratícula vertical y horizontalmente. Dentro de las funciones especiales del osciloscopio se puede utilizar la entrada de ambos canales y por medio de los voltajes de entrada, para generar gráficas donde el canal 1 corresponde al eje X y el canal 2 al

eje Y. De esta forma seleccionando en el control de tiempo y en el control de selección de canal la opción x-y se obtiene fácilmente observar las figuras de Lissajous.

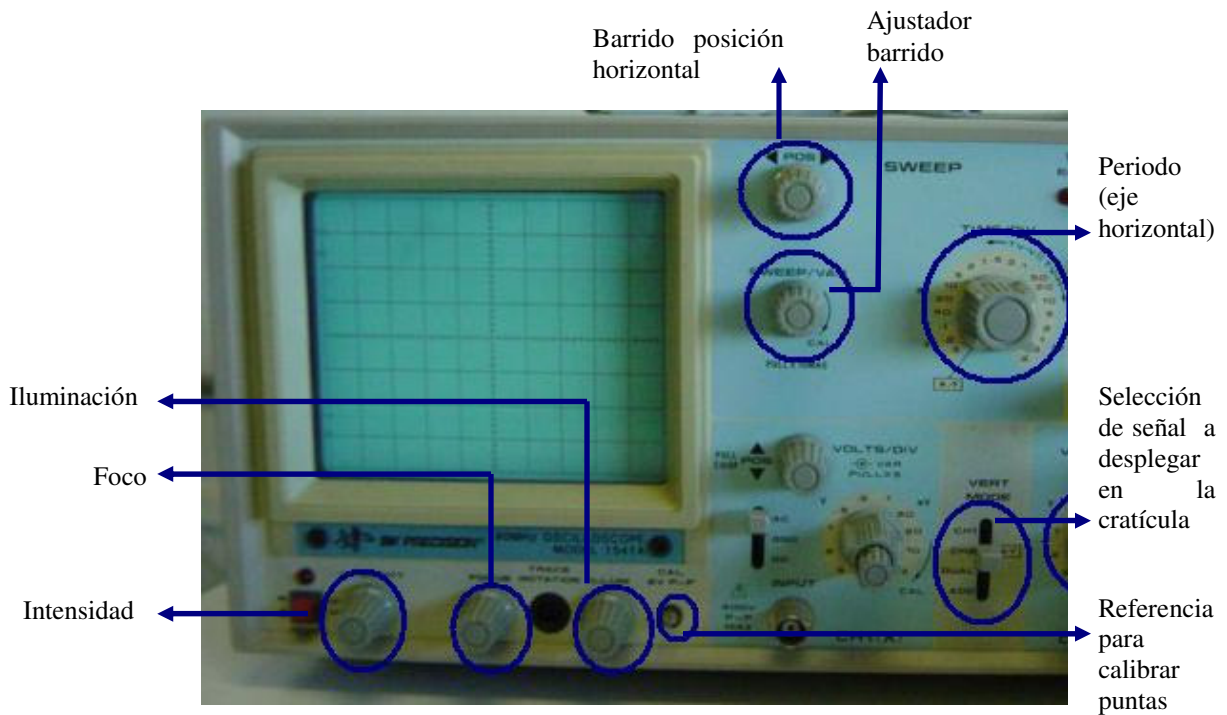


Figura O-6. Osciloscopio (lado izquierdo)

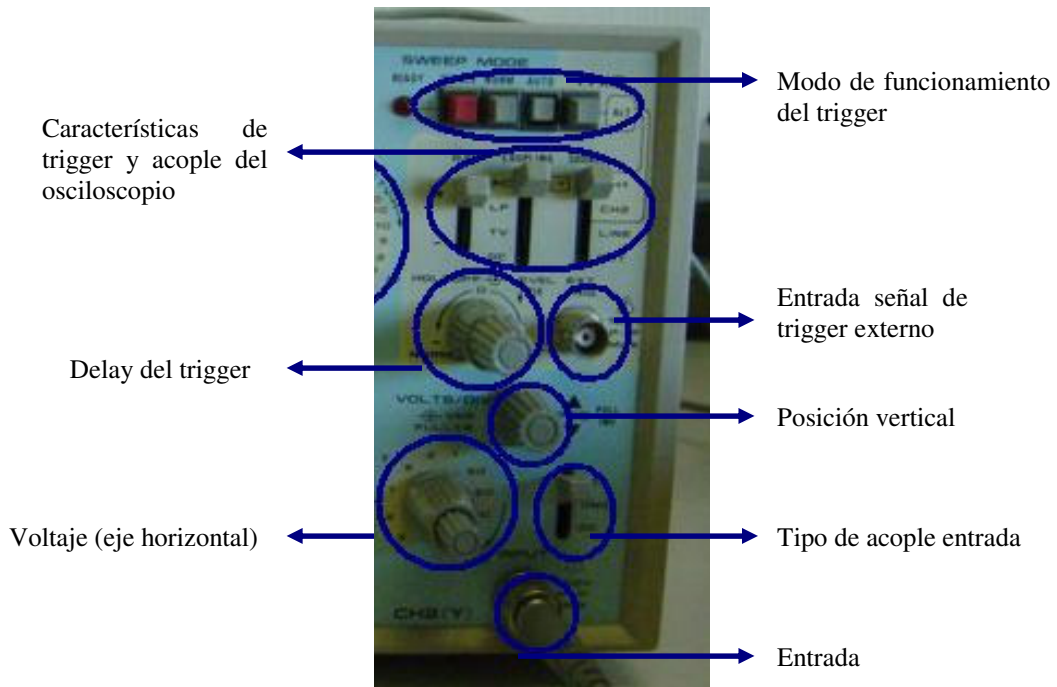


Figura O-7. Osciloscopio (lado derecho)

g. Generador de frecuencia. Se utiliza para simular señales de voltaje AC. Las señales que se puede generar pueden ser de forma triangular, cuadrada o senoidal. Con el generador se dispone de señales con características específicas de amplitud, nivel de referencia, ciclo de trabajo, tipo de función y nivel de trigger. Además, el generador nos permite modular en amplitud (AM) una señal dada.

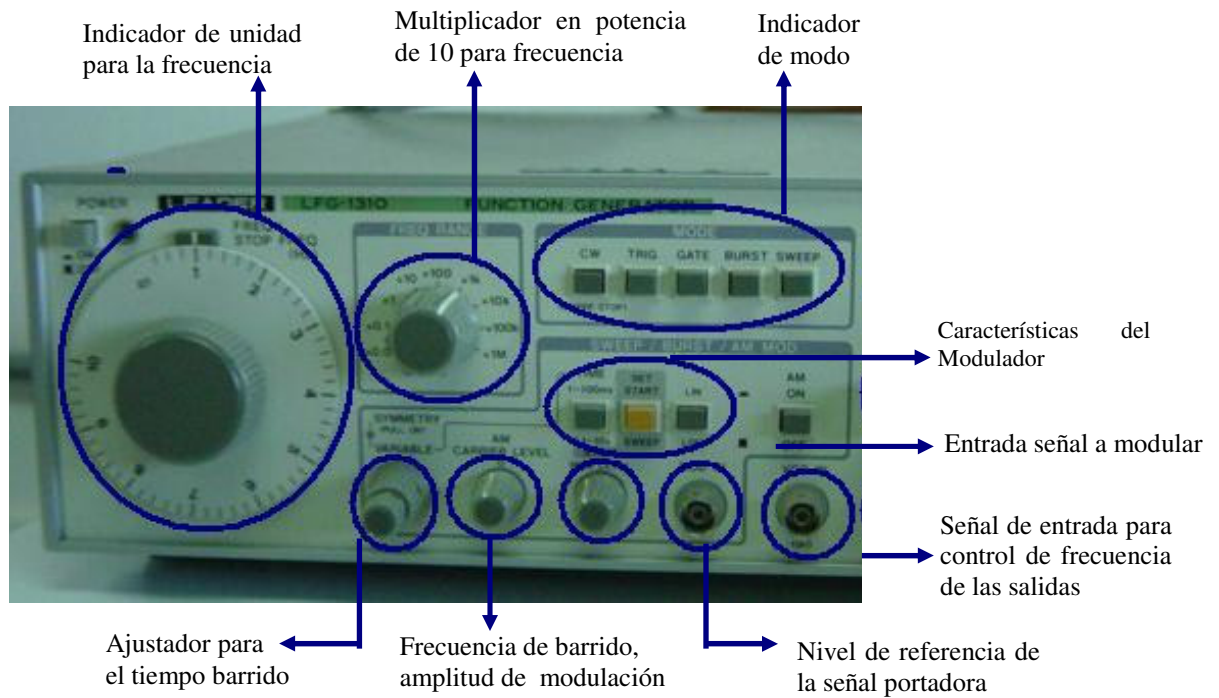


Figura O-8. Generador de funciones (lado izquierdo)

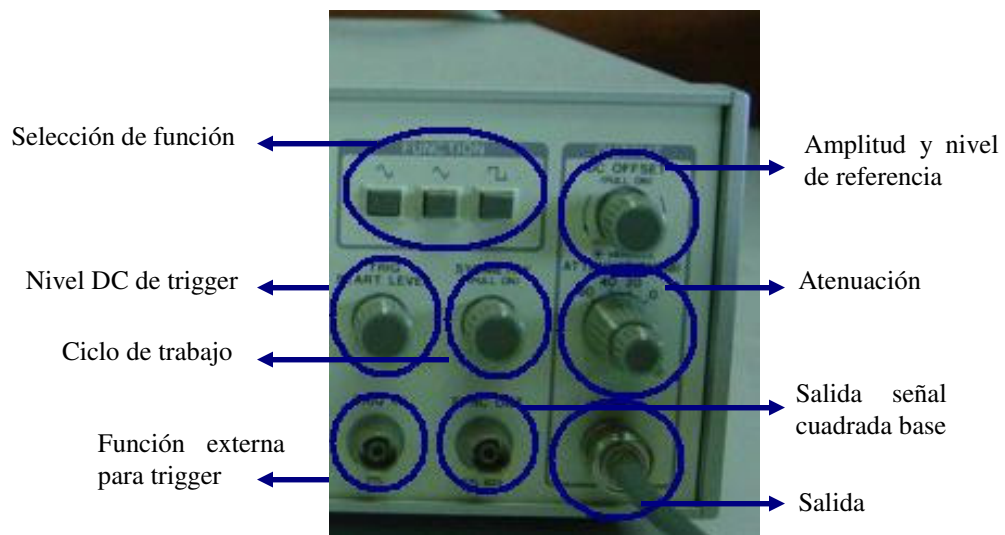


Figura O-9. Generador de funciones (lado derecho)

3. Laboratorio. Leer los manuales de la fuente de voltaje, generador de funciones y osciloscopio. Luego contestar las siguientes preguntas.

¿Cómo se mide corriente con el osciloscopio? _____

¿Qué acoplamiento se necesita para medir una señal generada con la fuente de voltaje? _____

¿Cuándo se usa High Frequency (HF) o Low Frequency (LF)? _____ ¿Qué función está involucrada? _____

¿Se puede obtener voltajes negativos de la fuente de poder? _____

¿Cuántas entradas puede observar en la crátula? _____

¿Qué tipos de trigger puede usar? _____

Describe el funcionamiento del trigger. _____

¿Cómo se cambia el ciclo de trabajo de una onda? _____

¿Qué tipos de onda se pueden obtener con el generador? _____

¿Para qué se usa el atenuador? _____

Si usted tiene que, la escala de voltaje es de 1 voltio y la escala en el periodo es de $0.5 \mu\text{s}$. ¿Cuál es la frecuencia y la amplitud de pico a pico de la onda? _____

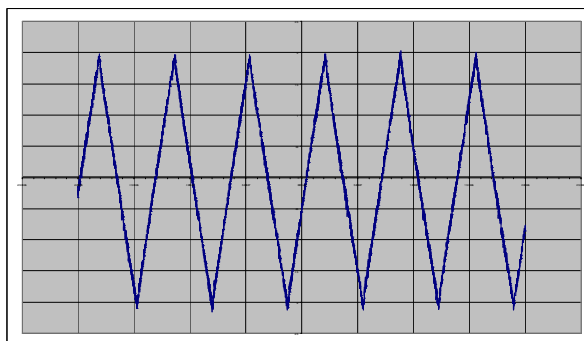


Figura O-10. Gráfica de la señal en el osciloscopio

P. GUÍA DE LABORATORIO: LEY DE KIRCHOFF

Esta guía persigue que los alumnos interactúen por vez primera con un circuito eléctrico. Por otra parte se busca introducir las leyes básicas de Kirchoff que se aplican en la resolución de circuitos.

1. Objetivos

- Conocer las Leyes de Kirchoff y ponerlas en práctica.
- Aplicar las leyes de Kirchoff en la resolución de circuitos.
- Comprobar que la corriente es inducida por una resistencia.
- Comprobar que existe una relación directa entre el voltaje y la corriente en una malla, rama o circuito.
- Conocer los fusibles e identificar su funcionamiento.
- Comprobar si los fusibles son una fuente de prevención.
- Reconocer los límites de los componentes empleados.
- Comprobar que es necesario estimar las corrientes y voltajes que se aplicará en los circuitos antes de construirlos.

2. Fundamentos teóricos

a. Leyes de Kirchoff. Estas dos leyes fueron formuladas por Gustav Kirchoff en 1845, permiten resolver cualquier circuito eléctrico fácilmente. Pueden derivarse fácilmente de la ley de conservación de la energía y son equivalentes, dada una de ellas es posible demostrar la otra. Para su enunciado es necesario previamente definir los conceptos de malla y de nodo:

- 1) Malla o lazo. Es el circuito que resulta de recorrer el esquema eléctrico en un mismo sentido regresando al punto de partida, pero sin pasar dos veces por la misma rama.
- 2) Nudo o nodo. Es el punto donde concurren varias ramas de un circuito. El sentido de las corrientes es arbitrario y debe asignarse previamente al planteo del problema.
- 3) Rama. Es el fragmento de circuito eléctrico comprendido entre dos nodos.

b. Primera ley o ley de los nodos. En todo nudo, la suma de corrientes entrantes es igual a la suma de corrientes salientes. Un enunciado alternativo es: en todo nudo la suma algebraica de corrientes debe ser cero.

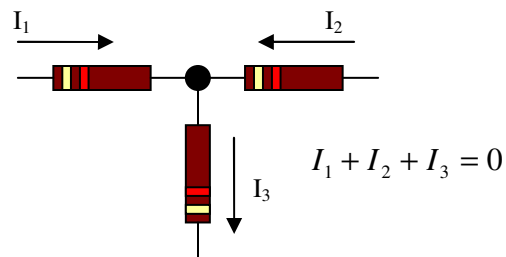


Figura P-1. Ley de nodos

c. Segunda ley o ley de las mallas. En toda malla la suma de todas las caídas de tensión es igual a la suma de todas las fuerzas electromotrices.

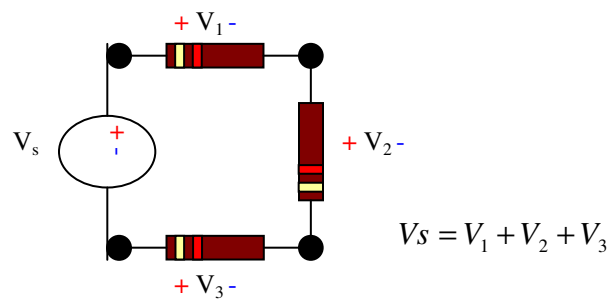


Figura P-2. Ley de mallas

3. Pre-Laboratorio. Resuelva el siguiente circuito utilizando las leyes de Kirchoff. Encuentre los valores de corrientes para cada rama y el voltaje en cada nodo. Considere que la resistencia interna de la fuente de corriente es de 500Ω .

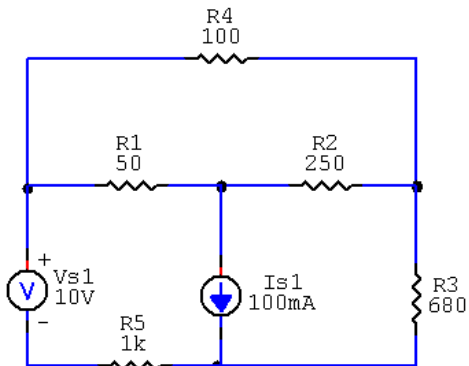


Figura P-3. Circuito de las leyes de Kirchoff para tarea

4. Laboratorio

CuadroP -1. Materiales para la guía de leyes de Kirchoff

| Cantidad | Descripción |
|----------|--------------------------------------|
| 1 | Resistencia de 3.3Ω |
| 1 | Resistencia de 2.2Ω |
| 1 | Resistencia de 4.7Ω |
| 1 | Resistencia de 15Ω |
| 1 | Resistencia de 33Ω |
| 1 | Resistencia de 47Ω |
| 1 | Resistencia de $2.2 \text{ k}\Omega$ |
| 1 | Fusible de 250mA |
| 1 | Porta fusible |
| | Fuente de voltaje |
| | Multímetro |

El laboratorio consiste en construir el circuito que se presenta en la siguiente figura.

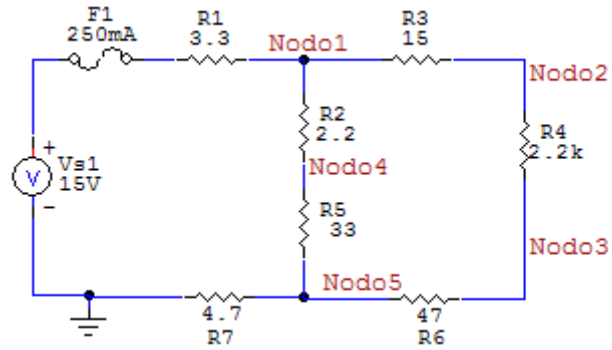


Figura P-4. Circuito del experimento de las leyes de Kirchoff

Para el cual se realizarán las mediciones de voltaje y corriente en cada uno de los nodos que unen las resistencias. El proceso debe repetirse aumentando el voltaje de alimentación de 1 a 15 voltios, con los valores que se indica en la tabla.

CuadroP -2. Mediciones de voltaje del experimento de las leyes de Kirchoff

| VOLTAJE | 1 Voltio | 3 Voltios | 5 Voltios | 10 Voltios | 15 Voltios |
|---------|----------|-----------|-----------|------------|------------|
| Nodo1 | | | | | |
| Nodo2 | | | | | |
| Nodo 3 | | | | | |
| Nodo 4 | | | | | |
| Nodo 5 | | | | | |

CuadroP -3. Mediciones de corriente del experimento de la leyes de Kirchoff

| AMPERAJE | 1 Voltio | 3 Voltios | 5 Voltios | 10 Voltios | 15 Voltios |
|---------------|----------|-----------|-----------|------------|------------|
| Resistencia 1 | | | | | |
| Resistencia 2 | | | | | |
| Resistencia 3 | | | | | |
| Resistencia 4 | | | | | |
| Resistencia 5 | | | | | |
| Resistencia 6 | | | | | |
| Resistencia 7 | | | | | |

Observe las tablas que a completado de llenar. Evalúe los resultados y responda.

¿Es necesario medir en todos los nodos los voltajes? _____

¿Es necesario medir en todas las corrientes para cada una de las resistencias? _____
 ¿Por qué? _____

¿Por qué se rompe el fusible? _____

¿Qué relación existe entre el voltaje aplicado y corriente inducida a medida que el voltaje aumenta?

Q. GUÍA DE LABORATORIO: RESISTENCIAS EN SERIE Y PARALELO

En esta guía de laboratorio el alumno construirá circuitos con las dos configuraciones en que se pueden conectar las resistencias. Observando el comportamiento de los circuitos debe relacionar los voltajes aplicados y las corrientes inducidas, en las resistencias, dependiendo de la configuración de conexión.

1. Objetivos

- Reforzar la comprensión de las leyes de Kirchoff en la resolución de circuitos.
- Identificar y diferenciar las configuraciones de resistencias en serie y paralelo.
- Identificar y comprender el comportamiento de divisor de corriente.
- Identificar y comprender el comportamiento de divisor de voltaje.

2. Fundamentos teóricos

a. Resistencias en serie. Aplicando la ley de Kirchoff en la cual se establece que la suma de potenciales en una malla es cero, se obtiene que:

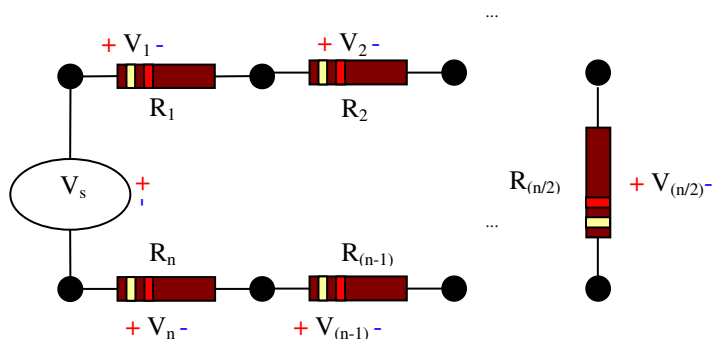


Figura Q-1. Circuito de resistencia en serie

$$V_s = V_1 + V_2 + \dots + V_{n/2} + \dots + V_{n-1} + V_n$$

Además se sabe que el voltaje a través de una resistencia es equivalente a su valor por la corriente que pasa a través de ella, por lo que:

$$V_s = I * R_1 + I * R_2 + \dots + I * R_{n/2} + \dots + I * R_{n-1} + I * R_n$$

Si $R_1=R_2=\dots=R_{n-1}=R_n$ entonces:

$$V_s = I * R + I * R + \dots + I * R + \dots + I * R + I * R = n * R * I$$

$$I = \frac{V_s}{n * R}$$

Por lo que la corriente de la malla es equivalente a:

$$V = I * R = \left(\frac{V_s}{n * R} \right) * R = \frac{V_s}{n}$$

Se puede decir que el voltaje a través de cada resistencia es:

Si se observa el resultado, es de notar que el voltaje en cada resistencia es igual, por lo que el voltaje de alimentación se encuentra distribuido en igual cantidad en todas las resistencias, teniendo como resultado un divisor de voltaje.

b. Resistencia en paralelo. Como se sabe la segunda ley de Kirchoff establece que la suma de corrientes en un nodo debe ser igual a cero. Entonces se obtiene que:

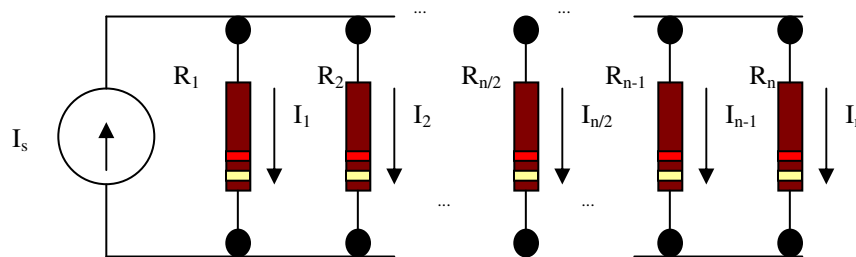


Figura Q-2. Circuito de resistencias en paralelo

$$I_s = I_1 + I_2 + \dots + I_{n/2} + \dots + I_{n-1} + I_n$$

A su vez la ley de ohm establece que la corriente es el valor del voltaje dividido la resistencia:

$$I_1 = \frac{V_1}{R_1}$$

Por lo tanto:

$$I_s = \frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \dots + \frac{V_{n/2}}{R_{n/2}} + \dots + \frac{V_{n-1}}{R_{n-1}} + \frac{V_n}{R_n}$$

Pero como todas las resistencias están conectadas al mismo nodo entonces $V_i=V_s$ y además se a de considerar que las resistencias son iguales $R_1=R_2=\dots=R_{n-1}=R_n$ por lo tanto:

$$I_s = \frac{V}{R} + \frac{V}{R} + \dots + \frac{V}{R} + \dots + \frac{V}{R} + \frac{V}{R} = \frac{n * V}{R} = n * I$$

$$I = \frac{I_s}{n}$$

Se obtuvo que la corriente que pasa por cada una de las resistencias: $I = \frac{I_s}{n}$ con el cual se puede afirmar que la configuración es un divisor de corriente.

3. Pre-Laboratorio. Utilizando las ecuaciones desarrolladas para las relaciones de voltaje y corriente en las dos configuraciones de serie y paralelo, demostrar cual es la resistencia equivalente para cada configuración.

4. Laboratorio

CuadroQ -1. Materiales para la guía de resistencias en serie y en paralelo

| Cantidad | Descripción |
|----------|-------------------------------|
| 1 | Resistencia de 100 Ω |
| 1 | Resistencia de 220 Ω |
| 1 | Resistencia de 330 Ω |
| 1 | Resistencia de 470 Ω |
| 1 | Resistencia de 510 Ω |
| 6 | Resistencia de 1 k Ω |
| 1 | Resistencia de 2 k Ω |
| 1 | Resistencia de 3.3 k Ω |
| 1 | Resistencia de 4.7 k Ω |
| 1 | Resistencia de 5.1 k Ω |
| 1 | Resistencia de 10 k Ω |
| 1 | Potenciómetro 1 k Ω |
| 1 | Potenciómetro 10 k Ω |

Debe construir el circuito que se muestra en la siguiente figura. Luego, medir con el multímetro los voltajes en los nodos, las corrientes en cada una de las resistencias y la corriente que está proporcionando la fuente de voltaje. Colocar los valores obtenidos en la tabla.

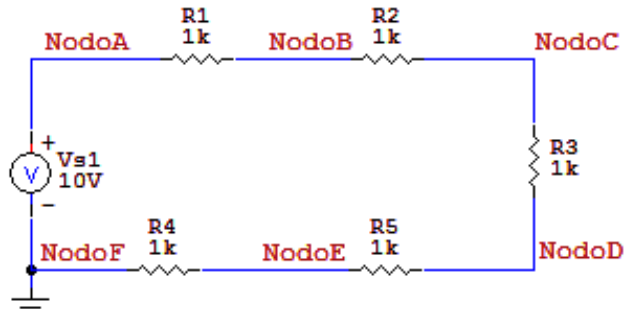


Figura Q-3. Circuito uno, resistencias en serie

CuadroQ -2. Mediciones de voltaje en el circuito uno

| VOLTAJE | |
|---------|--|
| Nodo A | |
| Nodo B | |
| Nodo C | |
| Nodo D | |
| Nodo E | |
| Nodo F | |

CuadroQ -3. Mediciones de corriente en el circuito uno

| AMPERAJE | |
|----------|--|
| R1 | |
| R2 | |
| R3 | |
| R4 | |
| R5 | |
| Vs1 | |

Construir el siguiente circuito y medir los mismos para metros, voltajes y corrientes, y completar la tabla.

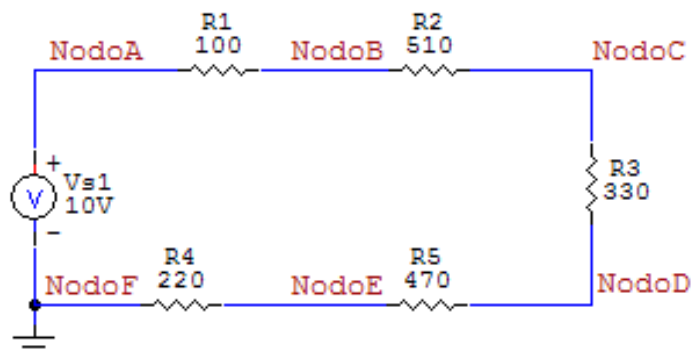


Figura Q-4. Circuito dos, resistencias en serie

CuadroQ -4. Mediciones de voltaje en el circuito dos

CuadroQ -5. Mediciones de corriente en el circuito dos

| VOLTAJE | | AMPERAJE | |
|---------|--|----------|--|
| NodoA | | R1 | |
| NodoB | | R2 | |
| Nodo C | | R3 | |
| Nodo D | | R4 | |
| Nodo E | | R5 | |
| Nodo F | | Vs1 | |

¿Qué configuración es el circuito que construyó? _____

¿Cuáles son las características de voltaje y corriente? _____

Calcule la resistencia equivalente dividiendo el voltaje de la fuente, por la corriente que ésta suministra al circuito:

$$R_{eq} = \frac{V_{s1}}{I_{vs1}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V} = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$$

Construya el circuito que se muestra en la figura, y calibre el potenciómetro de 10 k en el valor de resistencia equivalente, obtenido en el cálculo anterior.

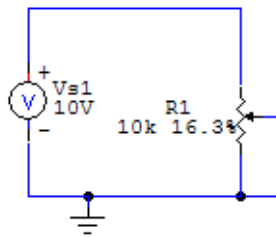


Figura Q-5. Circuito equivalente de resistencias en serie

Mida la corriente que proporciona la fuente. ¿Obtuvo el mismo valor de corriente que en el circuito anterior? _____

El valor de la resistencia obtenido, ¿es mayor o menor al valor de las resistencias del circuito original?

Ahora debe construir el siguiente circuito, medir el voltaje en los nodos y la corriente que circula por cada una de las resistencias. De igual manera que en los circuitos construidos con anterioridad se debe de medir la corriente que proporciona la fuente.

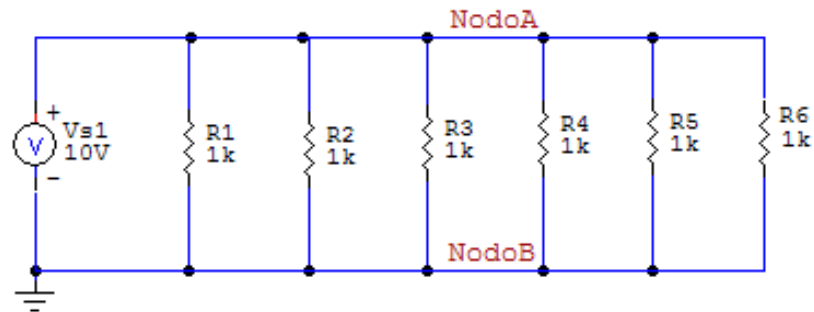


Figura Q-6. Circuito tres, resistencias en paralelo

CuadroQ -6. Mediciones de voltaje
en el circuito tres

| VOLTAJE | |
|---------|--|
| Nodo A | |
| Nodo B | |

CuadroQ -7. Mediciones de corriente en el circuito tres

| AMPERAJE | |
|----------|--|
| R1 | |
| R2 | |
| R3 | |
| R4 | |
| R5 | |
| R6 | |
| Vs1 | |

Construir el siguiente circuito y medir los mismos parámetros, voltajes y corrientes. Completar la tabla.

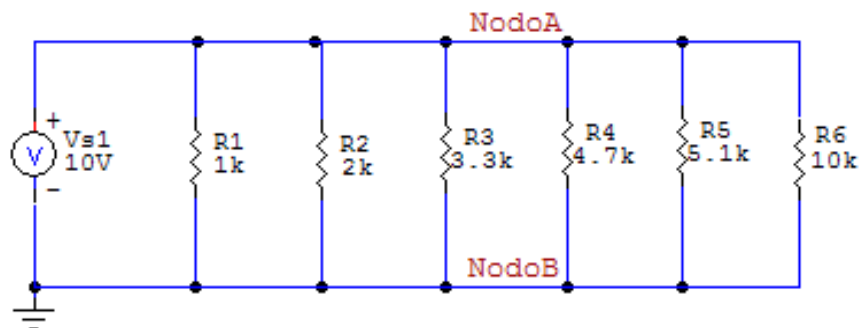


Figura Q-7. Circuito cuatro, resistencias en paralelo

CuadroQ -8. Mediciones de voltaje
en el circuito cuatro

| VOLTAJE | |
|---------|--|
| Nodo A | |
| Nodo B | |

CuadroQ -9. Mediciones de corriente
en el circuito cuatro

| AMPERAJE | |
|----------|--|
| R1 | |
| R2 | |
| R3 | |
| R4 | |
| R5 | |
| R6 | |
| Vs1 | |

Calcule la resistencia equivalente dividiendo el voltaje de la fuente, por la corriente que esa suministra

$$R_{eq} = \frac{V_{s1}}{I_{vs1}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V} = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$$

¿Qué configuración es el circuito que construyó? _____

¿Cuáles son las características de voltaje y corriente? _____

Construya el circuito que se muestra en la figura, posicione el potenciómetro de 1 k en el valor de resistencia equivalente obtenido en el cálculo anterior.

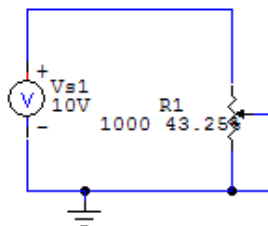


Figura Q-8. Circuito equivalente de resistencias en paralelo

Mida la corriente que proporciona la fuente. ¿Obtuvo el mismo valor de corriente que en el circuito anterior? _____

El valor de la resistencia obtenido, ¿Es mayor o menor al valor de las resistencias del circuito original?

R. GUÍA DE LABORATORIO: SISTEMAS DE SOLUCIÓN DE CIRCUITOS

En esta guía de laboratorio se introduce una metodología para la solución de circuitos eléctricos. Se espera desarrollar las destrezas matemáticas utilizando los sistemas de resolución de circuitos por medio de patrones establecidos, apoyándose en los sistemas de matrices utilizados para la resolución de sistemas de primer orden.

1. Objetivos

- Reforzar la comprensión de las leyes de Kirchoff en la solución de circuitos.
- Identificar y diferenciar los métodos de solución de circuitos.
- Aprender a utilizar de forma simplificada los métodos de resolución de circuitos.
- Identificar los límites de los instrumentos de medición.

2. Fundamentos teóricos. Los circuitos electrónicos se pueden analizar por dos métodos, en uno de ellos se utilizan la corriente de las mallas y en el otro se utilizan la diferencia de potencial en los nodos. La aplicación de estos dos métodos se pueden simplificar utilizando un sistema de matrices, para las se puede definir matemáticamente cada componente de la matriz en función de las impedancias del circuito.

a. Corrientes en mallas.

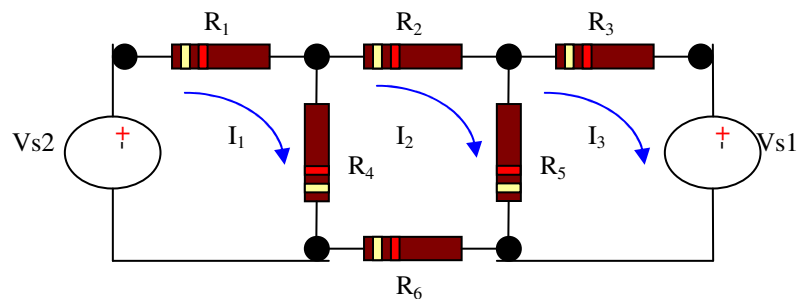


Figura R-1. Método de corrientes en mallas

Para el circuito que se muestra en la figura anterior, de acuerdo con las corrientes establecidas, se tienen las siguientes ecuaciones:

$$V_2 - R_1 I_1 - R_4 I_1 + R_4 I_2 = 0$$

$$V_1 + R_3 I_3 - R_5 I_2 + R_5 I_3 = 0$$

$$R_4 I_2 - R_4 I_1 + R_5 I_2 - R_5 I_3 + R_2 I_2 + R_6 I_2 = 0$$

Si se ordenan las ecuaciones en función de las incógnitas que en este caso con las corrientes se obtiene:

$$(R_1 + R_4)I_1 - R_4 I_2 - 0I_3 = V_2$$

$$0I_1 - R_5 I_2 + (R_3 + R_5)I_3 = -V_1$$

$$-R_4 I_1 + (R_4 + R_2 + R_6 + R_5)I_2 - R_5 I_3 = 0$$

El sistema de ecuaciones anterior puede ser entonces expresado en función de matrices, de la siguiente manera:

$$\begin{bmatrix} R_1 + R_4 & -R_4 & 0 \\ -R_4 & R_2 + R_4 + R_5 + R_6 & -R_5 \\ 0 & -R_5 & R_3 + R_5 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_2 \\ -V_1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Al observar la matriz es de notar que las componentes M_{ij} , donde $i=j$, se observa que deben ser la suma de las resistencias que se encuentran en la malla i . Cuando $i \neq j$ son los negativos de la suma de las resistencias que pertenecen a la malla i y a la misma vez pertenecen a la malla j . De la misma manera para el vector de respuesta cada posición corresponde la suma de las fuentes de voltaje que pertenecen a cada malla.

Luego únicamente hay que resolver la matriz por los métodos matemáticos ya conocidos como por ejemplo Gauss Jordan.

b. Diferencia de potencial en nodos. Es mejor utilizar el método de diferencia de potencial en nodos cuando se tienen fuentes de corrientes. Se aplican los teoremas de Thevenin y Norton para el circuito de la siguiente figura, se transforman las fuentes de voltaje en fuentes de corriente. De esta forma, se obtiene el siguiente circuito, donde $I_{s1} = V_1/R_3$ y $I_{s2} = V_2/R_1$:

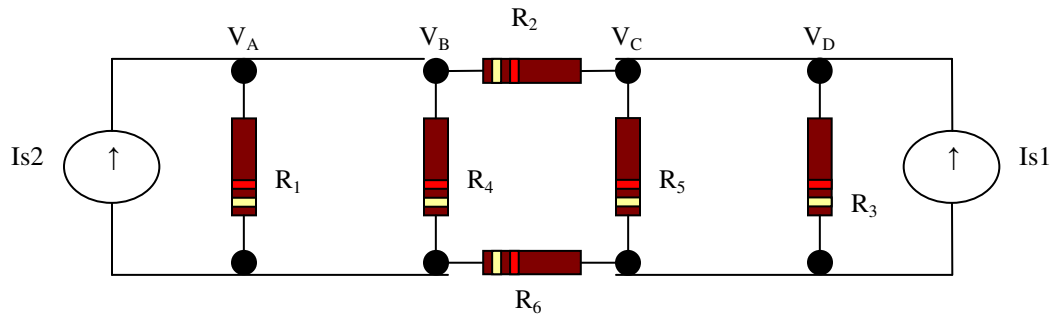


Figura R-2. Método de potenciales en nodos

Analizando el circuito y referenciado la diferencia de potencial con respecto del nodo C se obtienen las siguientes ecuaciones:

$$\frac{V_A}{R_4} + \frac{V_A}{R_1} - \frac{V_2}{R_1} + \frac{V_A - V_B}{R_2} = 0$$

$$\frac{V_B - V_A}{R_2} + \frac{V_B - V_D}{R_3} + \frac{V_B - V_D}{R_5} - \frac{V_1}{R_3} = 0$$

$$\frac{V_D - V_B}{R_3} + \frac{V_D - V_B}{R_5} + \frac{V_D}{R_6} + \frac{V_1}{R_3} = 0$$

Si se ordenan las ecuaciones en función de las incógnitas que en este caso son las diferencias de potencial, se obtiene:

$$\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_4} \right) V_A - \frac{1}{R_2} V_B + 0V_D = \frac{V_2}{R_1}$$

$$-V_A \frac{1}{R_2} + \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_5} \right) V_B - \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_5} \right) V_D = \frac{V_1}{R_3}$$

$$0V_A - \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_5} \right) V_B + \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_6} \right) V_D = -\frac{V_1}{R_3}$$

Al observar estas ecuaciones se puede determinar de la representación de cada componente dentro de la matriz y su relación con el circuito analizado.

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_4} & -\frac{1}{R_2} & 0 \\ -\frac{1}{R_2} & \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_5} & -\left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_5}\right) \\ 0 & -\left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_5}\right) & \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_6} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} V_A \\ V_B \\ V_D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{V_2}{R_1} \\ \frac{V_1}{R_3} \\ -\frac{V_1}{R_3} \end{bmatrix}$$

Se puede observar que las componentes de la matriz M_{ij} donde $i=j$, deben ser la suma de las impedancias que se encuentran en cada rama que toca al nodo. Ahora, cuando $i \neq j$ son los negativos de la suma de las impedancias de los componentes que están entre el nodo i y el nodo j que los conectan directamente, sin pasar por otro nodo intermedio. De la misma manera para el vector de respuesta cada posición corresponde la suma de las corrientes que entran al nodo.

3. Pre-Laboratorio. Resuelva los siguientes circuitos utilizando ambos métodos e identifique que método es el más adecuado y fácil de aplicar en cada caso.

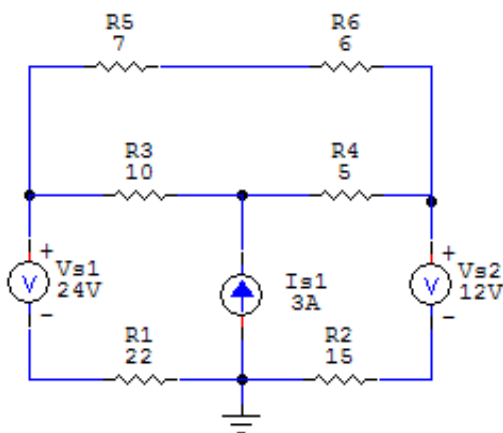


Figura R-3. Circuito uno, tarea de sistemas de solución de circuitos

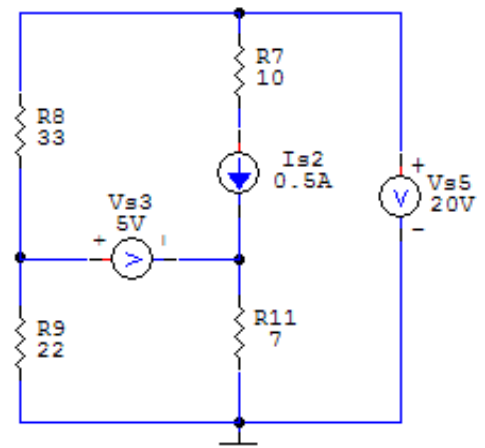


Figura R-4. Circuito dos, tarea de sistemas de solución de circuitos

4. Laboratorio

CuadroR -1. Materiales para la guía de sistemas de solución de circuitos

| Cantidad | Descripción |
|----------|-------------------------------------|
| 1 | Resistencia de 0.5Ω |
| 1 | Resistencia de 15Ω |
| 1 | Resistencia de 22Ω |
| 1 | Resistencia de $10 \text{ M}\Omega$ |
| 1 | Resistencia de $22 \text{ M}\Omega$ |
| | Fuente de voltaje |
| | Multímetro |

Construya el siguiente circuito.

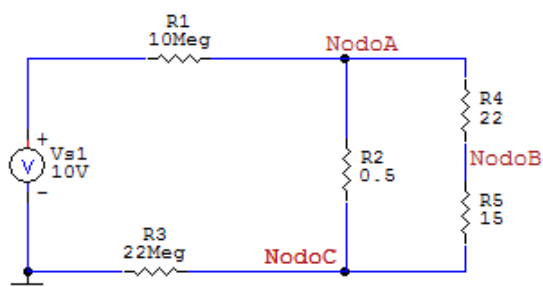


Figura R-5. Experimento de sistemas de solución de circuitos

Mida los voltajes y corrientes y complete la tabla.

CuadroR -2. Mediciones de voltaje

| VOLTAJE | |
|---------|--|
| Nodo A | |
| Nodo B | |
| Nodo C | |

CuadroR -3. Mediciones de corriente

| AMPERAJE | |
|---------------|--|
| Resistencia 1 | |
| Resistencia 2 | |
| Resistencia 3 | |
| Resistencia 4 | |
| Resistencia 5 | |

Resuelva el circuito y compare los valores de voltaje y corrientes obtenidos en el laboratorio y los obtenidos teóricamente. ¿Son iguales? (Explique) _____

¿Encontró alguna limitación en su instrumento de medición? _____

S. GUÍA DE LABORATORIO: SOLDADURA

En esta guía de laboratorio el alumno deberá desarrollar su habilidad para realizar soldadura de componentes electrónicos. A su vez aprenderá los pasos y técnica correcta para realizar dicha soldadura con los requisitos deseados. Por otra parte, terminará de construir el proyecto que se propone en conjunto con la guía de circuito impreso.

1. Objetivos

- Aprender la técnica correcta para realizar una buena soldadura.
- Identificar los errores que no se deben de cometer al soldar los componentes.
- Incrementar habilidades y herramientas para mejorar la presentación de los siguientes proyectos que el alumno realice.
- Reforzar la habilidad del manejo del Cautín.

2. Fundamentos teóricos



Figura S-1. Estaño

a. Propiedades del estaño. El estaño ordinariamente es un metal blanco plateado, a temperaturas por debajo de los 13°C se convierte a menudo en una forma alotrópica conocida como estaño gris, que es un polvo amorfo de color grisáceo con una densidad relativa de 5.75. El estaño ordinario tiene un punto de fusión de 232°C , un punto de ebullición de 2260°C y una densidad relativa de 7.28. Su masa atómica es 118.69.

El material que se utiliza para soldaduras en electrónica, es una aleación que contiene un 60% de estaño y un 40% de plomo. Existen aleaciones como de 62% estaño, 36% plomo y 2% plata. Esta aleación 60-40 se escoge porque su temperatura de fusión es relativamente baja, cerca de 190°C , ya que el estaño es muy dúctil y maleable a 100°C de temperatura. Viene presentado en forma de carretes de hilo de 0,5 a 1mm de diámetro, y que tiene en su interior una resina desoxidante que ayuda a limpiar los metales que se van a unir en el momento de realizarse la soldadura.

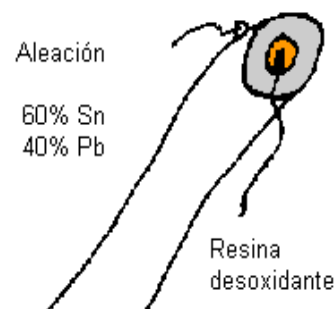


Figura S-2. Composición del hilo de estaño

b. Tipos de Soldador

1) Soldador eléctrico lento

constituido por una punta, una resistencia, un mango y un cable de conexión eléctrica. Se calienta en algunos minutos. Potencias normales: 30, 45, 60 ó 70 vatios. Temperatura de trabajo: 400°C a 450°C. Lo recomendado para soldaduras electrónicas son de 15 a 25 Watts, más potencia es totalmente innecesaria.

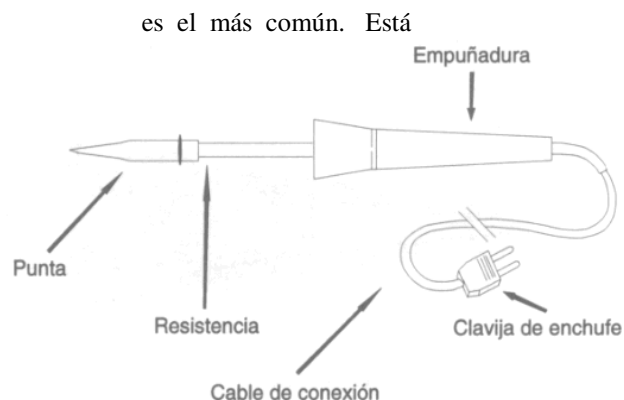


Figura S-3. Soldador eléctrico lento

2) Soldador eléctrico rápido o instantáneo. Suele tener forma de pistola y alcanza en

algunos segundos la temperatura de soldadura. Funciona apretando un gatillo y va equipado con una lámpara que facilita la iluminación de la zona a soldar. Potencia habitual: 100 vatios. Temperatura de trabajo: 450°C a 500°. Los soldadores eléctricos se utilizan sobre todo en electricidad y en electrónica. La punta se calienta por el efecto de una gran corriente que pasa por ella (el abultado mango lleva dentro un transformador que la produce). Resulta útil para trabajos esporádicos ya que se calienta instantáneamente. No se usa mucho en electrónica porque la punta no suele resultar lo bastante fina y precisa.

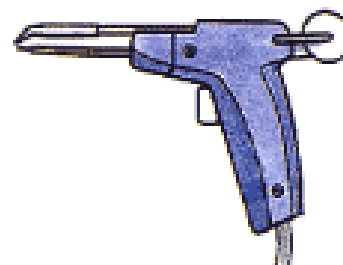


Figura S-4. Soldador eléctrico Rápido

3) Soldador de gas. Es un quemador especial que se

adapta a las lámparas de soldar y sopletes de gas. Es mayor que los soldadores eléctricos y se destina a los trabajos más grandes (incluyendo la soldadura de zinc de cubiertas). Son muy útiles cuando no se dispone de energía eléctrica o no es conveniente o es dificultoso acceder a esta.



Figura S-5. Soldador de gas

La potencia del soldador depende fundamentalmente de la cantidad de calor que hay que utilizar para realizar la soldadura y esto a su vez depende fundamentalmente del tamaño de la zona a soldar. Por ejemplo para soldar el terminal de un pequeño transistor a una pequeña pista de un circuito impreso se

necesita aplicar muy poco calor, en cambio si se quiere soldar un cable de 2,5mm a un terminal grande hay que aplicar una gran cantidad de calor para compensar el que disipan el cable y el terminal.

c. Características de la punta de soldador. Las puntas del soldador deben tener un tratamiento anticorrosivo, ya que al adquirir altas temperaturas y estar expuestas al aire, tienden a oxidarse e irse deshaciendo. El tamaño y forma de la punta dependen del modelo del soldador y de la utilización que se va a hacer de la misma. Existen puntas con formas especiales con el fin de acceder a zonas complicadas. La punta recta se utiliza para soldaduras comunes en electricidad y hojalatería. La punta curva, para soldaduras en electricidad, radio, TV. Y la punta curva fina se utiliza para soldaduras de componentes de electrónica.



Figura S-6. Punta para soldador

El material del que está fabricado el núcleo de una punta de soldador es de cobre, ya que el cobre es un buen conductor de calor. Pero como el cobre se disuelve con el estaño, es necesario que la punta contenga una capa protectora. El hierro tiene dos características que lo hacen ideal para este tipo de protección. En primer lugar como se puede suponer, es que el estaño no disuelve el hierro, por eso nunca se debe raspar una punta para limpiarla con algún tipo de material abrasivo pues más allá de limpiarla la estamos desprotegiendo.

- 1- Base de cobre
- 2- Capa de hierro
- 3- Capa de níquel
- 4- Capa de cromo
- 5- Preestañado

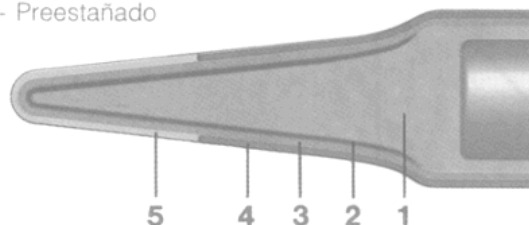


Figura S-7. Partes de una punta de soldador

En segundo lugar, se ve que el hierro se humedece de estaño, subiendo y cubriendo toda la punta de estaño. De ahí que, un poco más arriba se añada una capa de níquel. El níquel no se humedece por lo que sólo en el extremo final de la punta se tiene estaño listo para aplicarlo. El níquel sirve como una barrera para que el estaño se quede en el extremo inferior de la punta. Es aconsejable apagar el soldador si no se utiliza por tiempo muy prolongado.

d. Característica del soporte. El soldador debe de colocarse sobre un soporte que aparte de sujetarlo, tiene entre otras funciones la de evitar accidentes, es decir quemaduras en personas y objetos producidas por la punta caliente. Además ayuda a disipar parte del calor de la punta evitando el sobrecalentamiento de ésta. Sirve de soporte para una esponja que se debe mantener siempre húmeda y que se utiliza para limpiar la punta del soldador en caliente.



Figura S-8. Soporte para el soldador

e. Recomendaciones para obtener una buena soldadura.

- Caliente el soldador y deposite un poco de estaño, o bien unte la punta con estaño en pasta. Caliente ligeramente el soldador hasta que se produzca la fusión del estaño (la punta se tornará brillante). Limpie ligeramente la punta con un paño húmedo para quitar el excedente de estaño.
- Aunque sea capaz de derretir estaño, el soldador debe de alcanzar la temperatura máxima, de lo contrario la soldadura será mala. Este tipo de soldadura se conoce como soldadura fría, y se produce cuando no se aplica suficiente calor. El estaño queda adherido de forma defectuosa, con lo cual se desprende con facilidad y la conducción eléctrica será deficiente
- Las piezas a soldar deben estar totalmente limpias de la suciedad (óxido, grasa, etc). De lo contrario, puede interferir en la conductividad y en la resistencia mecánica de la soldadura.
- Los componentes, cables y demás piezas a soldar deberán estar colocados en la posición que se desea que tengan tras la soldadura. No se debe soldar un componente y luego calentar las soldaduras para reacomodarlo, ya que la soldadura se deteriora.
- Nunca se debe de soplar la soldadura para que se enfríe en menor tiempo. Esto dará lugar a una soldadura fría que se caracterizan por un color mate.
- No inhalar los humos del estaño derretido. Llevar a cabo a soldadura en un lugar ventilado.
- Ya que las resistencias soportan el calor mejor que un transistor o un componente integrado. Se deben soldar los componentes en el orden que se indica a continuación. Esto evitará que los componentes más delicados, estén menos tiempo expuestos a altas temperaturas.

(i) Puentes metálicos

(ii) Resistencias

(iii) Capacitores

(iv) Diodos

(v) Transistores

(vi) IC's

- Si desea soldar componentes que vayan a trabajar a altas frecuencias, no dejar las patillas demasiado largas, ya que podrían actuar como antenas captando ruido y producir interferencias en el circuito.
- La soldadura de estaño debe ser lo más perfecta posible, se debe aplicar el estaño necesario. Aplicar poco estaño puede parecer en principio que la soldadura es buena, porque existe buena conducción eléctrica, pero tiene poca resistencia mecánica, con lo cual la soldadura acaba por desprenderse. Aplicar estaño en exceso puede unir una pista con otra y provocar averías en el circuito.

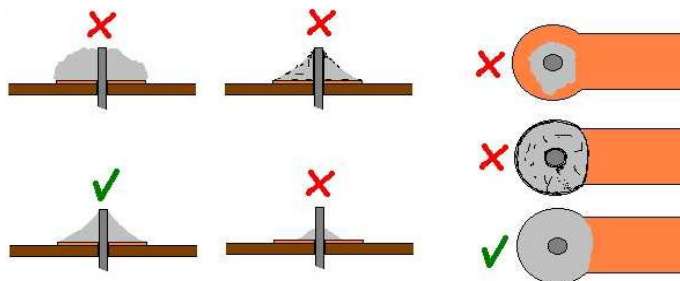


Figura S-9. Cantidad de estaño para la soldadura

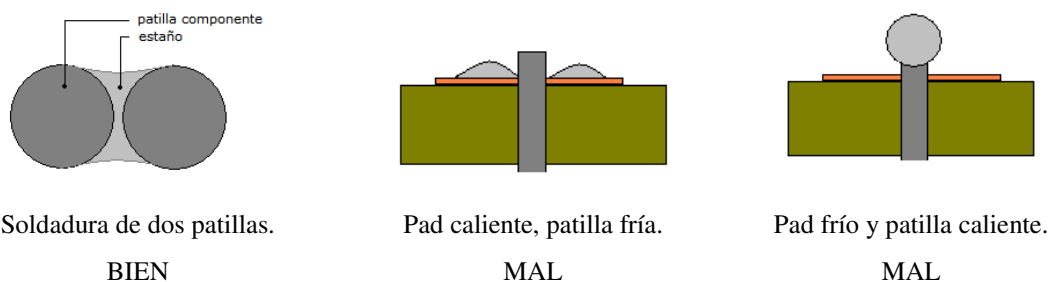


Figura S-10. Aplicación correcta del estaño

Una buena soldadura tendrá un aspecto brillante, con los lados cóncavos y un mínimo de estaño aplicado. A continuación se observan algunos ejemplos de soldaduras.

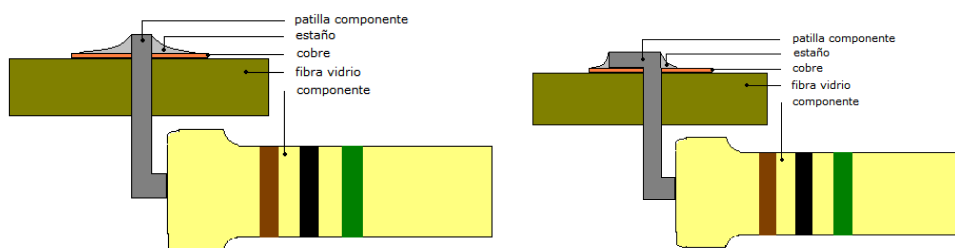


Figura S-11. Soldadura cóncava para una patilla de resistencia

El siguiente procedimiento para soldar cables a contactos u otros elementos.

- Limpiar las superficies de los elementos que se van a soldar.
- Asegurarse que el soldador funde el estaño con facilidad.
- Pelar 5 mm del extremo del cable que se va a soldar. Si es un cable, retuerce los hilos. No pelar más de lo imprescindible, esto ayudará a que no se produzcan cortocircuitos.
- Calienta el extremo del cable unos segundos.
- Acercar el estaño sin retirar el soldador y deja que se forme una fina capa de estaño sobre la superficie.

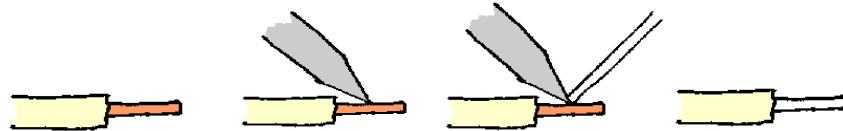


Figura S-12. Procedimiento para estañar cables

Repite los dos pasos anteriores con el terminal donde irá el cable.

- Caliente la patilla
- Acerque el alambre de estaño
- Asegure que se cubre la patilla con el estaño
- Una las dos partes a soldar y caliéntalas simultáneamente con el soldador. El estaño se fundirá y unirá las partes. Si es necesario, agregue un poco más de estaño.
- Tras un par de segundos retire el soldador.
- Espere a que se enfríe el estaño sin que se muevan las piezas que se sueldan.
- Asegúrese que la unión está bien hecha tirando un poco.

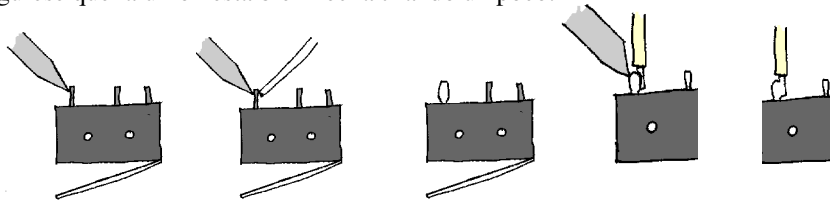


Figura S-13. Procedimiento para soldar cables a componentes

El siguiente procedimiento para soldar componentes en placas de circuitos impresos.

- Limpiar las superficies de los elementos que se van a soldar.
- Asegúrese que el soldador funde el estaño con facilidad.
- Ponga los elementos que se van a soldar juntos.
- Caliente simultáneamente con la punta del soldador los elementos a soldar.
- Cuando la zona de soldadura está caliente, acerca el hilo de estaño y deja que se funda una pequeña cantidad suficiente para cubrir las superficies a soldar.

- Retire el hilo de estaño.
- Tras un par de segundos retire el soldador.
- Espere a que se enfríe el estaño sin que se muevan las superficies soldadas. Si la capa de estaño une bien las superficies y tiene un aspecto brillante y cóncavo la soldadura está hecha correctamente.
- Si el aspecto de la superficie de unión es mate, se trata de una unión fría. Es buena idea repetir la soldadura.

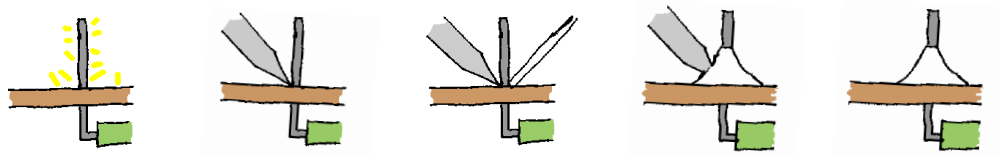


Figura S-14. Procedimiento para soldar componentes a placas de circuito impreso

3. Pre-Laboratorio. Con alambre de cobre de 1.5mm de diámetro diseñar tres figuras geométricas en tres dimensiones. Soldar las uniones de cada arista utilizando las técnicas soldar presentadas anteriormente. Debe comprobar que el estaño presente las características adecuadas de una buena soldadura.

4. Laboratorio

CuadroS -1. Materiales para la guía de soldadura

| Cantidad | Descripción |
|----------|--|
| 1 | Timer LM555 |
| 1 | CMOS 4017 |
| 4 | Transistores NPN de media potencia BD135 |
| 4 | Resistencia de 1k Ω |
| 1 | Resistencia de 10k Ω |
| 1 | Resistencia de 22k Ω |
| 1 | Potenciómetro de 100k Ω |
| 1 | Capacitor de 10 μ f |
| 1 | Capacitor de 1000 μ f |
| 1 | Lámparas de 50mA para 12V |
| 1 | Switch |
| | Cautín con soporte |
| | Estaño |
| | Esponja húmeda |
| | Pinzas |
| | Lupa de aumento o tercera mano |

El circuito que se presenta a continuación es una señal de freno con luz intermitente para automóvil, la cual en muchos países es obligatoria como accesorio de señalización. Éste tiene como base de funcionamiento el integrado 4017 que es un contador/decodificador hasta 10 en tecnología CMOS. Éste integrado incrementa un dígito en su sistema binario de salidas cada vez que detecta un flanco positivo en el pin 14.

Para producir un efecto visual utilizamos el timer 555 que es el oscilador que nos genera una secuencia de pulsos, cuya velocidad se ajusta por medio del potenciómetro de 100k Ω .

Armar el circuito que se encuentra en la figura.

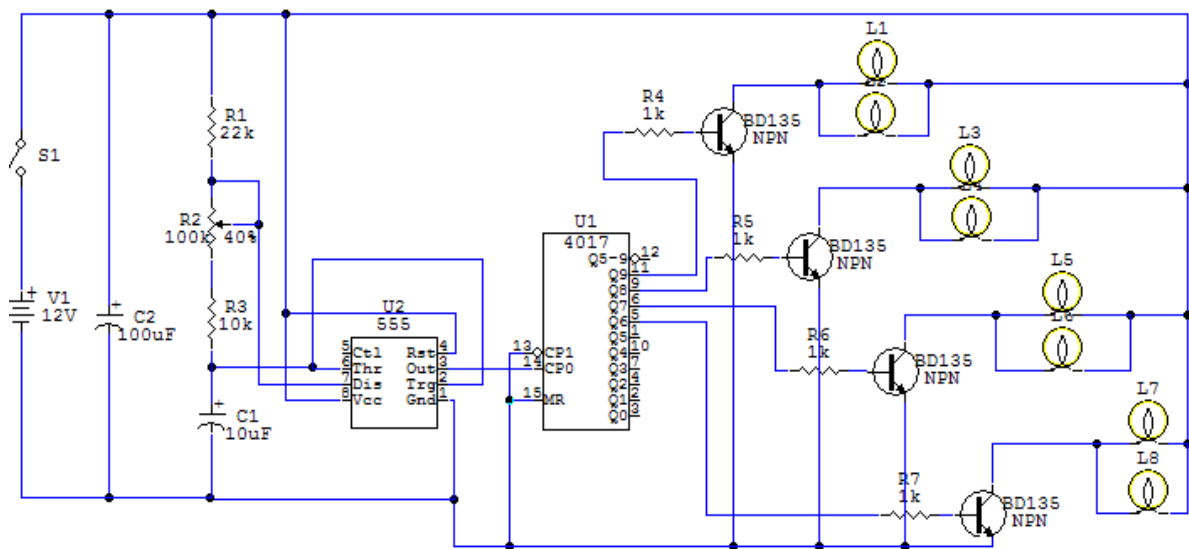


Figura S-15. Circuito de luces intermitentes

Cada vez que el compuerta esté cerrado, el oscilador producirá una secuencia de pulsos, los cuales activarán el contador que cambiará sus salidas, las cuales van directamente a los transistores de potencia que proporcionarán la corriente necesaria para encender las lámparas.

Al comprobar el buen funcionamiento del circuito y sus componentes, proceda a soldar los componentes sobre una placa de cobre con el circuito impreso diseñado. Recuerde que una buena soldadura es cóncava y presenta un color brillante.

T. GUÍA DE LABORATORIO: SUPERPOSICIÓN

En esta guía de laboratorio el alumno se familiarizará con el concepto de superposición para optimizar los recursos que se tienen en el laboratorio. Va a simplificar el análisis de circuitos electrónicos. Además determinará si un circuito electrónico posee la característica de linealidad.

1. Objetivos

- Reforzar la comprensión de las leyes de Kirchoff en la resolución de circuitos.
- Introducir el método de Superposición como herramienta para resolver circuitos.
- Identificar la contribución de cada fuente de voltaje hacia el circuito.
- Comprender la relación que existe entre la fuente de voltaje y el circuito.

2. Fundamentos teóricos. En la guía de laboratorio de resolución de circuitos utilizando voltajes en nodos y corrientes en mayas, se desarrollo un método de resolución utilizando matrices. Ya que las matrices son lineales, entonces se pueden obtener respuestas parciales que luego sumarlas, así llegar a la respuesta total del circuito que se desea resolver

Entonces evaluando las propiedades de matrices se tiene:

$$\begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & i \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_1 \\ R_2 \\ R_3 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & i \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ y_2 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ y_3 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & i \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & i \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ y_2 \\ 0 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & i \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ y_3 \end{bmatrix}$$

Al resolver los tres sistemas se obtiene:

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{11} \\ r_{12} \\ r_{13} \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{21} \\ r_{22} \\ r_{23} \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{31} \\ r_{32} \\ r_{33} \end{bmatrix}$$

Y como el sistema es lineal al sustituir:

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_1 \\ R_2 \\ R_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{11} \\ r_{12} \\ r_{13} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} r_{21} \\ r_{22} \\ r_{23} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} r_{31} \\ r_{32} \\ r_{33} \end{bmatrix}$$

Probada la herramienta matemática utilizada para resolver los circuitos, se puede decir que, cuando se tiene un circuito con más de una fuente de voltaje se puede resolver parcialmente, para cada fuente y luego sumar los resultados, o superponerlos, para obtener la respuesta final del parámetro que deseamos averiguar del mismo.

3. Pre-Laboratorio. Resuelva el siguiente circuito utilizando el teorema de superposición.

Luego compruebe el resultado obtenido resolviendo por medio del método de corrientes en mallas o voltajes en nodos, según sea más conveniente.

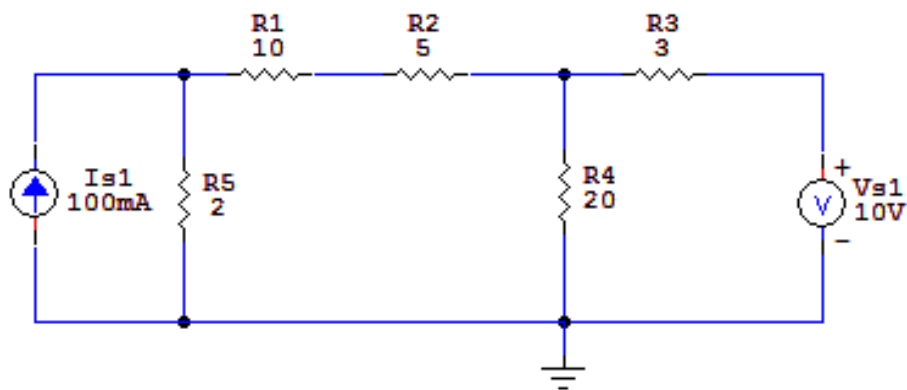


Figura T-1. Circuito de superposición para tarea

4. Laboratorio

Cuadro T-1. Materiales para la guía de superposición

| Cantidad | Descripción |
|----------|-------------------------------|
| 1 | Resistencia de 2.7 k Ω |
| 1 | Resistencia de 3.9 k Ω |
| 1 | Resistencia de 4.7 k Ω |
| 1 | Resistencia de 5.1 k Ω |
| 1 | Resistencia de 8.2 k Ω |
| 1 | Resistencia de 10 k Ω |
| 1 | Resistencia de 15 k Ω |
| 1 | Resistencia de 22 k Ω |
| | Fuente de voltaje |
| | Multímetro |

El laboratorio consiste en construir el circuito que se presenta en la siguiente figura.

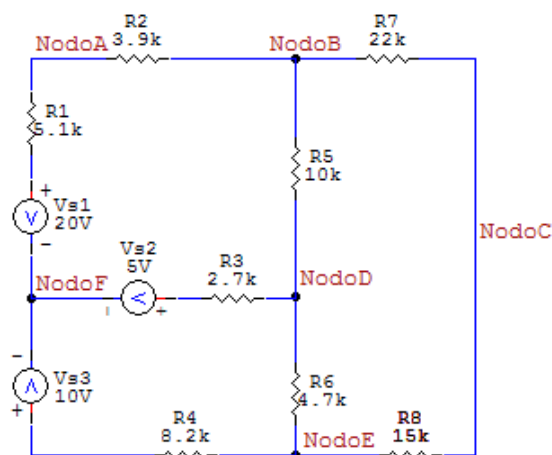


Figura T-2. Circuito para el experimento de superposición

Deben medir los voltajes y corrientes, en cada uno de los nodos y resistencias, respectivamente. Como sólo se posee una fuente de voltaje, entonces se necesita aplicar el teorema de superposición y evaluar, para cada una de las fuentes los voltajes parciales en cada nodo (se recomienda utilizar el nodo F como nodo común para sus cálculos teóricos).

Complete la siguiente tabla.

CuadroT -2. Mediciones de voltaje del experimento de superposición

| VOLTAJE | V _s 1 | V _s 2 | V _s 3 | Total |
|---------|------------------|------------------|------------------|-------|
| Nodo A | | | | |
| Nodo B | | | | |
| Nodo C | | | | |
| Nodo D | | | | |
| Nodo E | | | | |

CuadroT -3. Mediciones de corriente del experimento de superposición

| AMPERAJE | V _s 1 | V _s 2 | V _s 3 | Total |
|---------------|------------------|------------------|------------------|-------|
| Resistencia 1 | | | | |
| Resistencia 2 | | | | |
| Resistencia 3 | | | | |
| Resistencia 4 | | | | |
| Resistencia 5 | | | | |
| Resistencia 6 | | | | |
| Resistencia 7 | | | | |
| Resistencia 8 | | | | |

La suma de los voltajes parciales, ¿coincide con el voltaje teórico total para cada nodo? _____

Explique, ¿cómo se cumple la linealidad? Utilice las leyes de Kirchoff y el principio de conservación de la energía. _____

U. GUÍA DE LABORATORIO: TRANSISTOR

En esta guía de laboratorio se desea que el alumno se familiarice con el uso de transistores, que conozca sus propiedades y el funcionamiento con respecto de la alimentación.

3. Objetivos

- Conocer el funcionamiento de los transistores NPN y PNP.
- Analizar la respuesta de los transistores dependiendo de la polarización.
- Construir la gráfica de su funcionamiento respecto a la corriente de base.
- Identificar los circuitos básicos que el alumno puede aplicar en el diseño de circuitos eléctricos.

4. **Fundamentos teóricos.** El transistor bipolar es el más común de los transistores, puede ser de germanio o silicio. Está formado por dos uniones PN que forman la unión entre emisor y base, y la unión entre colector y base. Existen dos tipos transistores: el NPN y el PNP, y la dirección del flujo de la corriente en cada caso, lo indica la flecha que se ve en el diagrama de cada tipo de transistor.

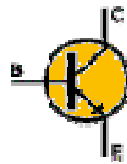


Figura U-1. Transistor NPN

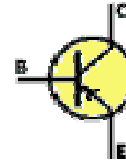


Figura U-2. Transistor PNP

El transistor es un dispositivo de 3 pines: base (B), colector (C) y emisor (E), coincidiendo siempre, el emisor, con la patilla que tiene la flecha en el gráfico de transistor.

El transistor es un amplificador de corriente, esto quiere decir que si le introducimos una cantidad de corriente por uno de sus pines (base), él entregará por otro (emisor), una cantidad mayor a ésta, en un factor que se llama amplificación. Este factor se llama β (beta) y es un dato propio de cada transistor. La corriente de colector y corriente de emisor no son exactamente iguales, pero se toman como tal, debido a la pequeña diferencia que existe entre ellas, y que no afectan en casi nada a los circuitos hechos con transistores.

Entonces:

- I_c (corriente que pasa por la patilla colector) es igual a β (factor de amplificación) por I_b (corriente que pasa por la patilla base).
- $I_c = \beta * I_b$
- I_e (corriente que pasa por la patilla emisor) es del mismo valor que I_c , sólo que, la corriente en un caso entra al transistor y en el otro caso sale de el, o viceversa.

Según la fórmula anterior las corrientes no dependen del voltaje que alimenta el circuito (V_{cc}), pero en la realidad si lo hace y la corriente I_b cambia ligeramente cuando se cambia V_{cc} . Ver figura.

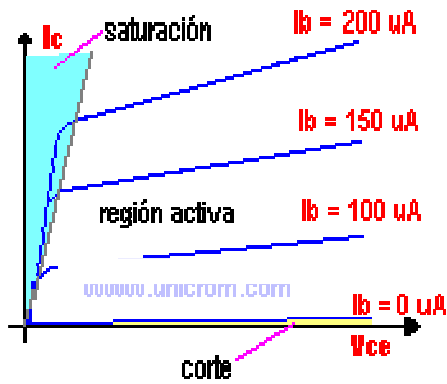


Figura U-3. Gráfica del comportamiento del transistor

En el segundo gráfico las corrientes de base (I_b) son ejemplos para poder entender que a más corriente la curva es más alta. Se dice que el transistor no está conduciendo, normalmente cuando no hay corriente de base ($I_b = 0$).

El transistor puede operar en las siguientes zonas:

a. Región de corte. Un transistor está en corte cuando la corriente de colector y la corriente de emisor es cero, ($I_c = I_e = 0$). En este caso el voltaje entre el colector y el emisor del transistor es el voltaje de alimentación del circuito (como no hay corriente circulando, no hay caída de voltaje). Este caso normalmente se presenta cuando la corriente de base es cero ($I_b = 0$).

b. Región de saturación. Un transistor está saturado cuando la corriente de colector y la corriente de emisor es la corriente máxima, ($I_c = I_e = I_{\text{máxima}}$). En este caso la magnitud de la corriente depende del voltaje de alimentación del circuito y de las resistencias conectadas en el colector o el emisor o en ambos. Este caso normalmente se presenta cuando la corriente de base es lo suficientemente grande como para inducir una corriente de colector β veces más grande, ya que $I_c = \beta * I_b$.

c. Región activa. Cuando un transistor no está ni en su región de saturación ni en la región de corte entonces está en una región intermedia, la región activa. En esta región la corriente de colector (I_c) depende principalmente de la corriente de base (I_b), de β (ganancia de corriente de un amplificador, que es un dato proporcionado por el fabricante en las hojas de datos del componente) y de las resistencias que hayan conectadas en el colector y emisor. Esta región es la más importante si lo que se desea es utilizar el transistor como un amplificador.

d. Configuraciones. según la polarización de las terminales del transistor se obtienen diferentes tipos de operación. Existen tres tipos de configuraciones típicas en los amplificadores con transistores, con características especiales que las hacen mejor para cierto tipo de aplicación, estas son:

CuadroU -1. Configuraciones para la polarización del transistor

| Modo | Unión emisor-base | Unión colector-base |
|------------|-------------------|---------------------|
| Corte | Inversa | Inversa |
| Activa | Directa | Inversa |
| Saturación | Directa | Directa |

5. Laboratorio

CuadroU -2. Materiales para la guía de transistor

| Cantidad | Descripción |
|----------|----------------------------------|
| 1 | Transistor NPN ECG123AP (1N3904) |
| 1 | Transistor NPN ECG159 (1N3906) |
| 1 | Resistencia de 470 Ω |
| 1 | Potenciómetro 1k Ω |
| 1 | Lámpara de 12V |
| 1 | Diodo Led |
| | Fuente de voltaje |
| | Multímetro |

Los circuitos que se presentan en esta práctica tienen como objeto mostrar cómo se incrementa la corriente de colector conforme se incrementa la corriente de base. Se utiliza una lámpara como indicador. Construir el circuito de la siguiente figura.

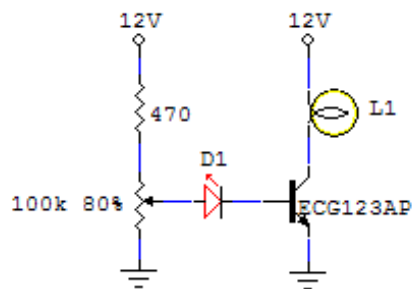


Figura U-4. Circuito con transistor NPN

Evaluar 10 posiciones diferentes en el potenciómetro, medir la corriente de base, la corriente de colector y el voltaje de base.

CuadroU -3. Mediciones del circuito con transistor NPN

| I_b | I_c | V_{ce} |
|-------|-------|----------|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

Hacer la gráfica de la relación entre el voltaje de colector-emisor contra la corriente de base.

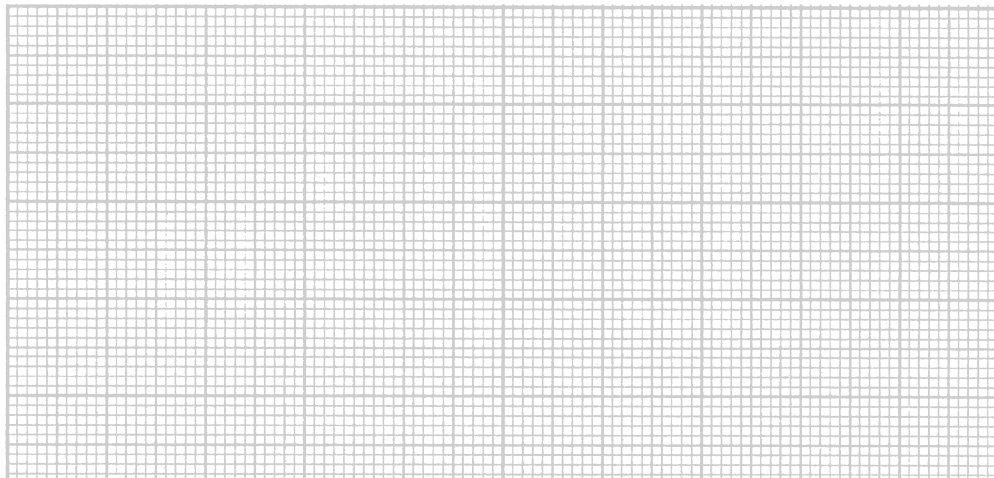


Figura U-5. Gráfica del comportamiento del circuito con transistor NPN

Construir el segundo circuito que se presenta en la siguiente figura.

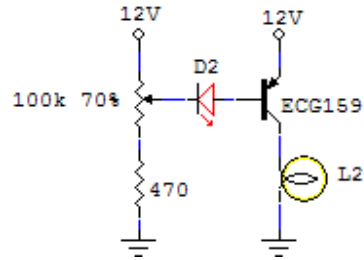


Figura U-6. Circuito con transistor PNP

Evaluar 10 posiciones diferentes en el potenciómetro, medir la corriente de base, la corriente de colector y el voltaje de base.

CuadroU -4. Mediciones del circuito con transistor PNP

| I _b | I _c | V _{ce} |
|----------------|----------------|-----------------|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

Hacer la gráfica de la relación entre el voltaje de colector-emisor contra la corriente de base.

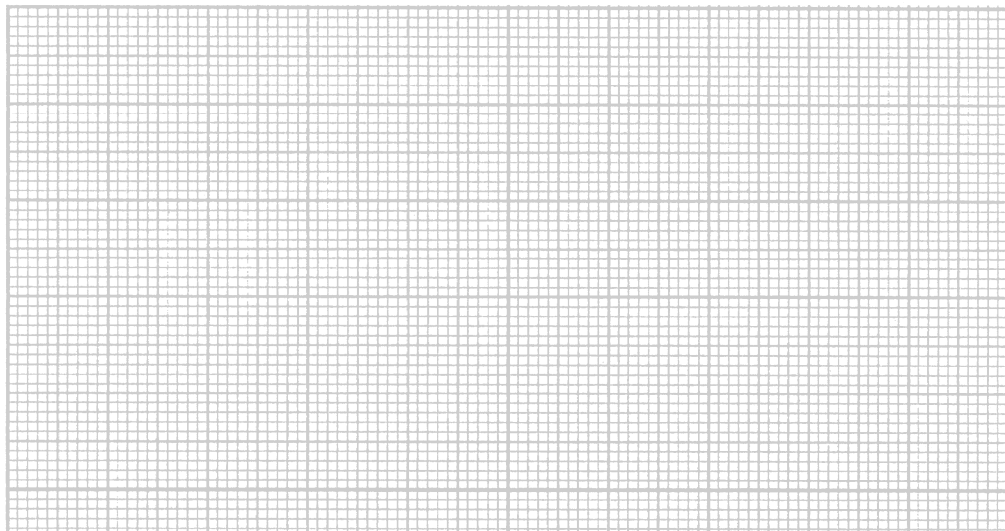


Figura U-7. Gráfica del comportamiento del circuito con transistor PNP

¿En qué configuración se encuentran configurados los amplificadores? _____

V. GUÍA DE LABORATORIO: VOLTÍMETRO

En esta guía de laboratorio se utilizan las conexiones de tipo serie para construir un voltímetro. Se desea que el alumno comprenda el funcionamiento del voltímetro para que de esta forma pueda tener conocimiento de las limitaciones del aparato y de cómo modificar su alcance.

1. Objetivos

- Comprender cómo se construyen las escalas para un medidor.
- Identificar la configuración equivalente de resistencias que forman el voltímetro.
- Reconocer la interacción entre el circuito del voltímetro y un circuito externo.
- Aplicar el concepto de división de voltaje.
- Reconocer las limitaciones de medición del instrumento utilizado.
- Identificar las posibles fuentes de error cometidas durante las mediciones de corriente.

2. Fundamentos teóricos

a. **Voltímetro.** Un voltímetro es un instrumento diseñado para medir voltaje en directo. Posee dos características importantes: una es su resistencia interna y la otra es su fondo de escala. Por la naturaleza de la medida es un instrumento que ha de conectarse en paralelo con el componente del cual se desea saber su diferencia de potencial.

b. **Resistencia interna.** Para no alterar las condiciones del circuito su resistencia interna (r_v) debe ser muy alta en comparación con la que posea el elemento sobre el que se determina la diferencia de potencial, para que el instrumento consuma la menor corriente posible. Esto quiere decir que la corriente I_v debe ser lo más pequeña posible.

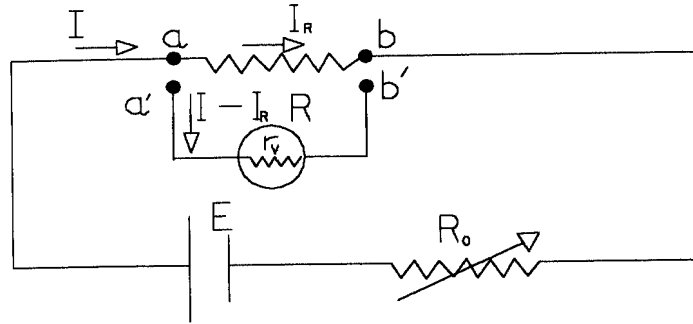


Figura V-1. Circuito interno del voltímetro

Sin conectar el instrumento de medición, se obtiene que la diferencia de potencial que existe sobre R es: $V_a - V_b = I R$. Si se conecta el instrumento de medición, es decir que conectamos, a con a' , y b con b' , ahora la corriente I se reparte entre la resistencia y el voltímetro, por lo que varía la diferencia de potencial de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

$$V'_a - V'_b = I R$$

$$V'_a - V'_b = I \left[\frac{R}{1 + \frac{R}{r_v}} \right]$$

$$V'_a - V'_b = (I - I_R) r_v$$

Comparando las soluciones obtenidas en ambas situaciones, se llega a la conclusión de que si $r_v \rightarrow \infty$, entonces $V'_a - V'_b \approx V_a - V_b$, con lo que el voltímetro mediría la diferencia de potencial correctamente.

c. Fondo de escala. Es posible construir un voltímetro a partir de un amperímetro, si a éste último se le aumenta convenientemente su resistencia interna, lo que se consigue conectando en serie con el mismo una resistencia adecuada, el valor de la misma dependerá del fondo de escala que se desee posea el voltímetro. Por lo tanto, el voltímetro se construirá según el montaje:

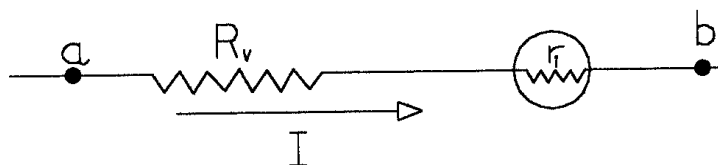


Figura V-2. Circuito para alterar el fondo de escala

Para determinar R_v se sigue el siguiente procedimiento:

Cuando el miliamperímetro que se utiliza como instrumento base alcance su fondo de escala, la diferencia de potencial entre los puntos a y b debe ser la correspondiente al fondo de escala que se desee posea el voltímetro. Por lo tanto, el valor de R_v queda determinado así:

Si, $I_{\text{fondo de escala del mA}} (R_v + r_i) = V_{\text{fondo de escala del voltímetro}} = V_a - V_b$, se deduce que:

$$R_v = \frac{V_{\text{fondo de escala del voltímetro}}}{I_{\text{fondo de escala del mA}}} - r_i$$

3. Laboratorio

Cuadro V -1. Materiales para la guía del voltímetro

| Cantidad | Descripción |
|----------|--------------------------------|
| 1 | Resistencia de 5.1 k Ω |
| 10 | Resistencias de 1 M Ω |
| 5 | Resistencia de 10 M Ω |
| 1 | Potenciómetro de 100 Ω |
| 1 | Potenciómetro de 10 k Ω |
| 1 | Potenciómetro de 1 M Ω |
| 1 | Potenciómetro de 10 M Ω |
| | Fuente de voltaje |
| 2 | Multímetro |

Se desea determinar la resistencia interna de un voltímetro utilizando el siguiente circuito.

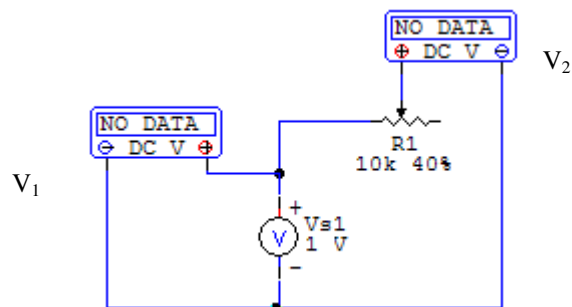


Figura V-3. Circuito de medición para la resistencia interna del voltímetro

El procedimiento es que, se coloca el potenciómetro R1 en una resistencia media luego se aumenta o disminuye el voltaje hasta obtener exactamente la lectura a plena escala de rango seleccionado (lectura en el límite superior del rango de amperios seleccionado). Al iniciar debe colocar su potenciómetro en la posición de máxima resistencia, luego disminuir la resistencia del potenciómetro hasta obtener la deflexión a plena escala. Verificar que al cambiar la resistencia del potenciómetro la lectura del amperaje cambie en todo el rango, desde el límite inferior hasta el superior.

Al obtener la deflexión a plena escala, por las leyes de Kirchoff, lo que se tiene es un divisor de voltaje el cual se puede describir por las siguientes ecuaciones:

$$I_1 = I_v$$

$$\frac{(V_1 - V_2)}{R_1} = \frac{V_2}{R_v}$$

De esta ecuación se deduce que:

$$R_v = \frac{V_2 * R_1}{(V_1 - V_2)}$$

Debe repetir el procedimiento explicado anteriormente y llenar la siguiente tabla.

CuadroV -2. Mediciones de la resistencia interna del amperímetro

| Vfuente | V1 | V2 | R1 | Rv |
|---------|----|----|----|----|
| 3.0 v | | | | |
| 3.5 v | | | | |
| 4.0 v | | | | |
| 4.5 v | | | | |
| 5.0 v | | | | |

NOTA: si al colocar el potenciómetro al inicio del procedimiento el voltímetro ya se encuentra a plena escala, proceda a cambiarlo por uno de mayor resistencia. Si utiliza el de 10 Meg, proceda a anteponer en serie una resistencia de 10 Meg, para incrementar la resistencia de la rama.

Grafique $(V_1 - V_2)/V_2$ contra R1.

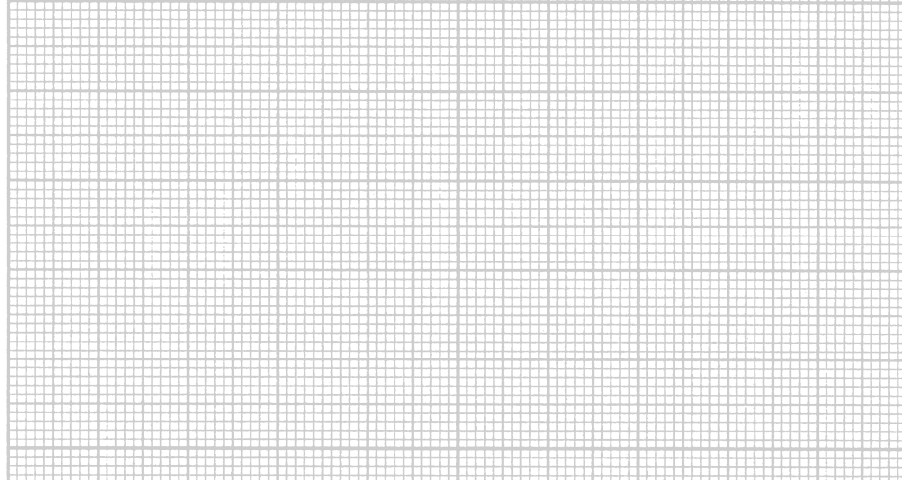


Figura V-4. Curva de regresión de la resistencia interna del voltímetro

Ahora se desea determinar la resistencia R_v que ha de conectarse en serie con el miliamperímetro para construir un voltímetro que pueda medir hasta 5V. Para determinar la resistencia R_v , que se ha de conectar en serie con el miliamperímetro (recuerde que r_i es la resistencia interna encontrada para el amperímetro):

$$R_v = \frac{V_{\text{fondo de escala del voltímetro}} - r_i}{I_{\text{fondo de escala del mA}}} = \text{_____ } \Omega$$

Construir el siguiente circuito para realizar el calibrado de la escala voltios-miliamperios variando R_1 colocar el valor de R_v obtenido en la ecuación anterior.

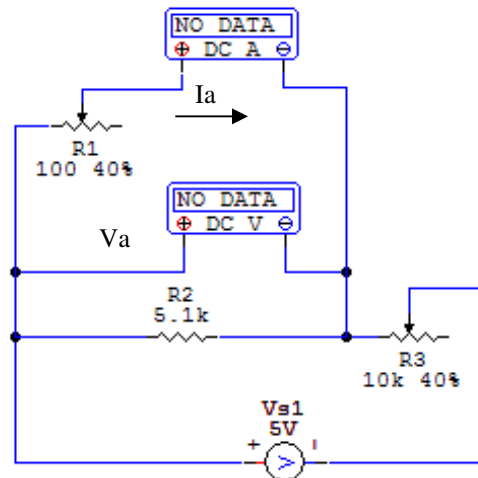


Figura V-5. Circuito para el fondo de escala del amperímetro

Variando la posición en el Potenciómetro R_3 , tomar 10 medidas de las magnitudes indicadas en la siguiente tabla.

CuadroV -3. Mediciones del fondo de escala del amperímetro

| Va | Ia |
|-----|----|
| 0.5 | |
| 1.0 | |
| 2.5 | |
| 2.0 | |
| 3.5 | |
| 3.0 | |
| 4.5 | |
| 4.0 | |
| 5.0 | |

Representar gráficamente V_m en función de I_a . Determinar gráficamente la pendiente y con ello el factor de transformación K (Voltios-Amperios)

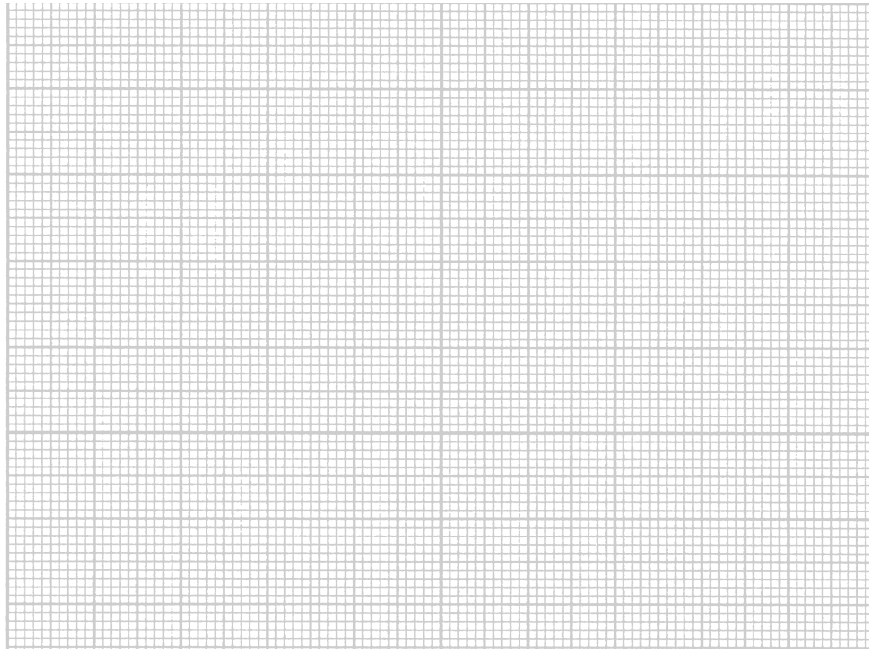


Figura V-6. Curva del regresión para el fondo de escala del amperímetro

$$K (V/A) = \underline{\hspace{2cm}}$$

¿Cómo se ha de conectar un voltímetro en un circuito, en serie o en paralelo? _____

W. GUÍA DE LABORATORIO: DIODOS ZENER

En esta guía de laboratorio se espera que el alumno utilice y conozca los diodos zener. Como practica de laboratorio se presenta un circuito de uso práctico, que el alumno puede aplicar en el diseño de futuros proyectos que ha de desarrollar en los siguientes cursos.

1. Objetivos

- Aprender sobre el funcionamiento de un diodo zener.
- Analizar su respuesta dependiendo del tipo de polarización.
- Construir la gráfica de su funcionamiento respecto del voltaje aplicado.
- Construir un circuito que actúa como regulador de voltaje.

2. Fundamentos teóricos. El diodo zener es un modelo especial de diodo de unión, que utiliza silicio, en el que el voltaje en paralelo a la unión, es independiente de la corriente que la atraviesa. Es por esta razón que los diodos zener se utilizan como reguladores de voltaje. El diodo zener siempre se utiliza en polarización inversa.

La principal aplicación que se le da al diodo Zener es la de regulador. Un regulador con zener ideal mantiene un voltaje fijo predeterminado, a su salida, sin importar si varía el voltaje en la fuente de alimentación y sin importar como varíe la carga que se desea alimentar con este regulador.

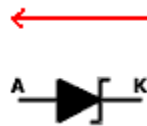


Figura W-1. Flujo normal de corriente en un diodo zener

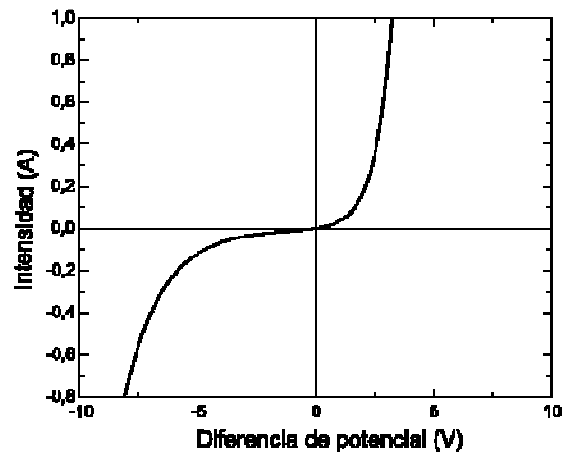


Figura W-2. Gráfica del comportamiento eléctrico diodo zener

3. Laboratorio

CuadroW -1. Materiales para la guía del zener

| Cantidad | Descripción |
|----------|-----------------------|
| 1 | Resistencia de 1 kΩ |
| 1 | Potenciómetro 10kΩ |
| 2 | Diodo zener 1N4733 |
| 2 | Punta de osciloscopio |
| | Osciloscopio |
| | Multímetro |
| | Fuente de voltaje |

Para esta práctica con los dos primeros experimentos se construirá la curva de funcionamiento del diodo zener. Debe polarizar el voltaje a través del diodo con la corriente de entrada, que se determina con el potenciómetro. Se evaluará el diodo polarizando en forma directa e inversa.

CuadroW -2. Mediciones de voltaje del zener en polarización inversa

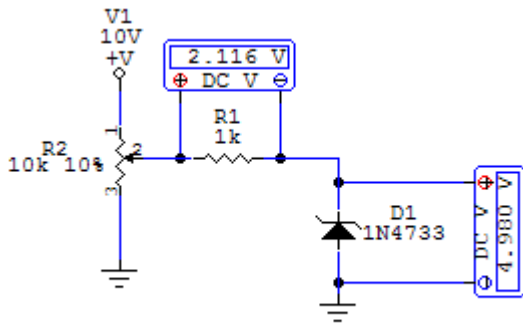


Figura W-3. Circuito del diodo zener en polarización inversa

| VOLTAJE | | | |
|---------|-----------|---------|---------|
| % R1 | Diodo (V) | R1 (mV) | R1 (mA) |
| 2 | | | |
| 4 | | | |
| 6 | | | |
| 8 | | | |
| 10 | | | |
| 20 | | | |
| 30 | | | |
| 40 | | | |
| 50 | | | |
| 60 | | | |
| 70 | | | |
| 80 | | | |
| 90 | | | |

CuadroW -3. Mediciones de voltaje del zener en polarización directa

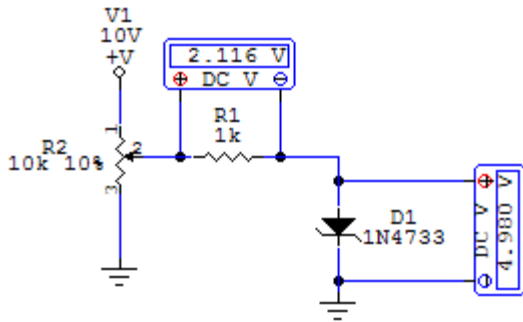


Figura W-4. Circuito del diodo zener en polarización directa

| VOLTAJE | | | |
|---------|-----------|---------|---------|
| % R1 | Diodo (V) | R1 (mV) | R1 (mA) |
| 2 | | | |
| 4 | | | |
| 6 | | | |
| 8 | | | |
| 10 | | | |
| 20 | | | |
| 30 | | | |
| 40 | | | |
| 50 | | | |
| 60 | | | |
| 70 | | | |
| 80 | | | |
| 90 | | | |

Ahora con los datos obtenidos graficar la curva de funcionamiento del diodo, en la cuadrícula siguiente.

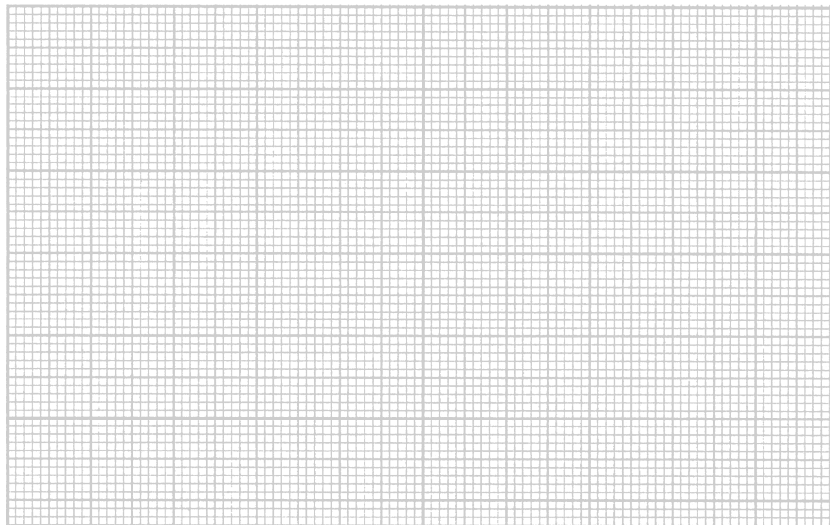


Figura W-5. Gráfica del comportamiento del diodo zener polarizado

Construya el circuito que muestra la figura. Utilice el generador de funciones para proporcionar la señal de estrada, con frecuencia de 1 kHz y amplitud de 10 pico. Compare la señal de entrada con la señal de salida.

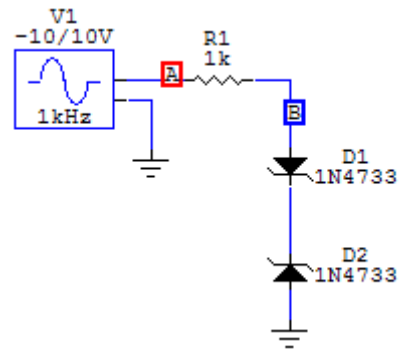


Figura W-6. Circuito del limitador con diodo zener

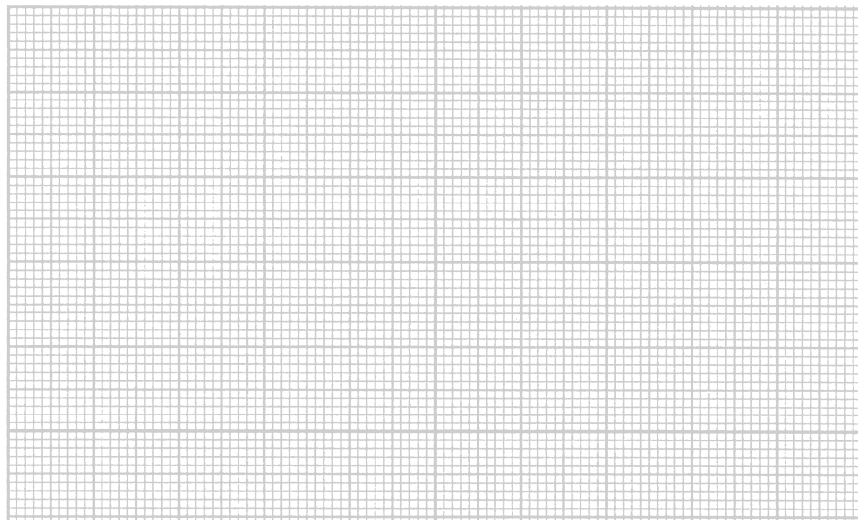


Figura W-7. Gráfica del comportamiento del limitador con diodo zener