

III. GUÍAS DE LABORATORIO PARA CIRCUITOS ELÉCTRICOS 2

Las guías de laboratorio para el curso de Circuitos Eléctricos 2 tienen como fin que el alumno complemente sus conocimientos sobre circuitos eléctricos de corriente alterna.

Sin embargo, como la mayoría de los temas son específicamente teóricos, en las guías de laboratorio se refuerza algunos temas con experimentos demostrativos y en otras se busca complementar el conocimiento con la introducción de nuevos componentes electrónicos más complejos.

Todas las guías deben 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 III-1. Cronograma sugerido para la utilización de las guías de laboratorio de Circuitos Eléctricos 2

TEMA	GUÍA A ELABORAR
<ul style="list-style-type: none"> • Potencia Circuitos AC • Potencia • Cálculos de potencia en circuitos AC • Potencia real y reactiva • Factor de Potencia • Valor efectivo (RMS) • Potencia compleja • Máxima transferencia de potencia 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Timer 555 ○ Máxima transferencia de potencia
<ul style="list-style-type: none"> • Circuitos trifásicos balanceados • Circuitos trifásicos • Fuentes de voltaje trifásicos • Configuraciones • Análisis del circuito Y-Y • Análisis del circuito Δ-Y • Análisis del circuito Y-Δ • Análisis del circuito Δ-Δ • Potencia en circuitos trifásicos balanceados • Mediciones 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Trifásicos
<ul style="list-style-type: none"> • Inductancia mutua • Auto inductancia • Inductancia mutua • Polaridad de los voltajes inducidos • Cálculos de energía 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Toriode

<ul style="list-style-type: none"> • Transformadores • Transformador lineal • Transformador ideal • Circuitos equivalentes • Cálculos en transformadores 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Transformador
<ul style="list-style-type: none"> • Circuitos magnéticos • Campo magnético • Analogía con circuitos eléctricos • Método de resolución circuitos magnéticos 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Relé ○ Solenoide ○ Transductor
<ul style="list-style-type: none"> • Transformada de Laplace • Definición • Función escalón • Función impulso • Transformadas funcionales • Transformadas operacionales • Transformada inversa • Polos y ceros • Teoremas de valor final e inicial 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Motor DC ○ Servo motor ○ Stepper unipolar ○ Stepper bipolar
<ul style="list-style-type: none"> • Transformada de Laplace en análisis de circuitos • Elementos de circuito en el dominio s • Análisis de circuitos en el dominio s 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Fotodiodo ○ Fototransistor ○ Optoacoplador
<ul style="list-style-type: none"> • Función de transferencia • Ejemplo de aplicación de superposición en el dominio s • Función de transferencia 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Fotorresistencia ○ Celda Solar
<ul style="list-style-type: none"> • Función de transferencia en expansiones en fracciones parciales • Función de transferencia y la Integral de convolución • Función de transferencia y la respuesta al estado sinusoidal 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Termocopla
<ul style="list-style-type: none"> • Diagramas de Bode • Diagramas de Bode • El decibel 	<ul style="list-style-type: none"> ○ UJT y SCR ○ TRIAC

A. GUÍA DE LABORATORIO: CELDA SOLAR

En esta guía de laboratorio se espera que el alumno utilice y conozca el funcionamiento de las celdas solares. Como práctica de laboratorio se presenta un circuito de alarma alimentado por energía solar.

1. Objetivos

- Conocer el funcionamiento de una celda solar.
- Conocer las propiedades del silicio como material conductor.
- Conocer componentes de tecnología CMOS de bajo consumo.
- Aplicar un circuito sensible al tacto.

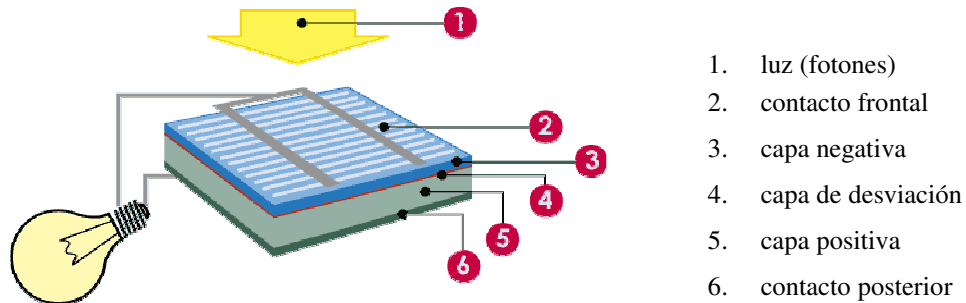
2. Fundamentos teóricos

a. Celda solar. Las celdas solares son fabricadas a base de materiales que convierten directamente la luz solar en electricidad. Hoy en día, la mayor parte de celdas solares utilizadas a nivel comercial son de silicio. El silicio es lo que se conoce como un semiconductor. Este elemento químico se encuentra en todo el mundo bajo la forma de arena, que es dióxido de silicio (SiO_2), también llamado cuarcita.

b. Estructura de una celda solar. Las celdas solares de silicio pueden ser de tipo mono cristalinas, poli cristalinas o amorfas. La diferencia entre ellas radica en la forma como los átomos de silicio están dispuestos, es decir, en la estructura cristalina. Existe, además, una diferencia en la eficiencia. Por eficiencia se entiende el porcentaje de luz solar que es transformado en electricidad. Las celdas solares de silicio mono cristalino y poli cristalino tienen casi el mismo y más alto nivel de eficiencia, con respecto a las de silicio amorfo.

Una celda solar típica está compuesta de capas. Primero hay una capa de contacto posterior y, luego, dos capas de silicio. En la parte superior se encuentran los contactos de metal frontales con una capa de anti reflexión, que da a la celda solar su típico color azul.

Durante la última década, se ha estado desarrollando nuevos tipos de celdas solares de materiales diversos, entre las que encontramos, a las celdas de película delgada y las celdas de CIS (Diseleniuro de Indio de Cobre) y CdTe (Telururo de Cadmio).



1. luz (fotones)
2. contacto frontal
3. capa negativa
4. capa de desviación
5. capa positiva
6. contacto posterior

Figura A-1. Partes de una celda solar

3. Laboratorio

Cuadro A-1. Materiales para la guía de celda solar

Cantidad	Descripción
1	Resistencia de 100 Ω
2	Resistencia de 100 k Ω
2	Resistencia de 1 M Ω
1	Capacitor 10 μ F
1	Capacitor de 22 nF
1	Capacitor de 100 nF
2	CMOS timer 7555
1	Circuito Integrado 4011
1	Piezo buzzer
1	Celda solar 3V 100mA
	Multímetro

Construir el siguiente circuito, usar como fuente de alimentación la celda solar. Para activar la alarma se debe tocar el extremo de la resistencia nombrada como ON. Para desactivar debe poner en contacto el extremo ON – OFF (unir ambas resistencia de 100k).

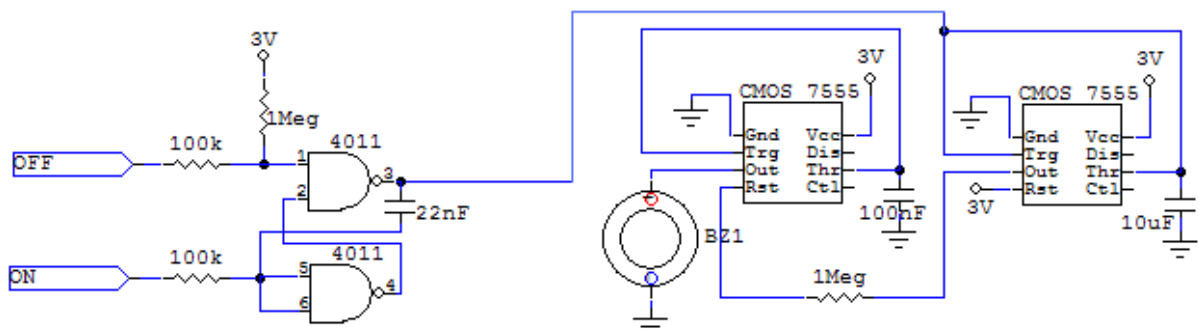


Figura A-2. Circuito de alarma sensible al tacto

B. GUÍA DE LABORATORIO: FOTODIODO

En esta guía de laboratorio se desea el alumno utilice y conozca el funcionamiento del fotodiodo. Se presenta circuitos de uso práctico que controla el infrarrojo transmisor y un segundo circuito que controla el infrarrojo receptor.

1. Objetivos

- Conocer el funcionamiento de un fotodiodo.
- Conocer las propiedades eléctricas de los fotodiodos.
- Conocer la estructura de un fototransistor a partir de fotodiodos.
- Construir un circuito foto transmisor.
- Construir un circuito foto receptor.
- Construir un filtro de frecuencia a partir de un integrado.

2. Fundamentos teóricos

a. Fotodiodo. El fotodiodo es un dispositivo que conduce una cantidad de corriente eléctrica proporcional a la cantidad de luz que lo ilumina. Esta corriente eléctrica fluye en sentido opuesto a la flecha del diodo y se llama corriente de fuga.

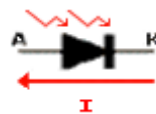


Figura B-1. Fotodiodo receptor

El fotodiodo se puede utilizar como dispositivo detector de luz, pues convierte la luz en electricidad y esta variación de electricidad es la que se utiliza para informar que hubo un cambio en el nivel de iluminación sobre el fotodiodo. La mayoría de los fotodiodos vienen equipados con un lente que concentra la cantidad de luz que lo incide, de manera que su reacción a la luz sea más evidente.

A diferencia de la fotorresistencia, el fotodiodo responde a los cambios de oscuridad a iluminación y viceversa con mucha más velocidad, y puede utilizarse en circuitos con tiempo de respuesta más pequeño.

3. Laboratorio

Cuadro B-1. Materiales para la guía de fotodiodo

Cantidad	Descripción
1	Resistencia de 330 Ω
1	Resistencia de 680 Ω
3	Resistencia de 1 k Ω
1	Resistencia de 10 k Ω
1	Resistencia de 100 k Ω
2	Potenciómetro 100 k Ω
1	Capacitor de 100 pF
1	Capacitor de 22 nF
1	Capacitor de 47 nF
1	Capacitor de 100 nF
1	Capacitor de 220 nF
1	Capacitor de 1 μ F
1	Capacitor de 2.2 μ F
1	Fotodiodo transmisor
1	Fotodiodo receptor
1	Led
1	Timer 555
1	OPAM TL082
1	Filtro integrado LM567
1	Punta de osciloscopio
	Fuente de voltaje
	Multímetro

Construir el circuito transmisor que se muestra en la siguiente figura, calibrarlo para que emita una señal de transmisión de 200Hz.

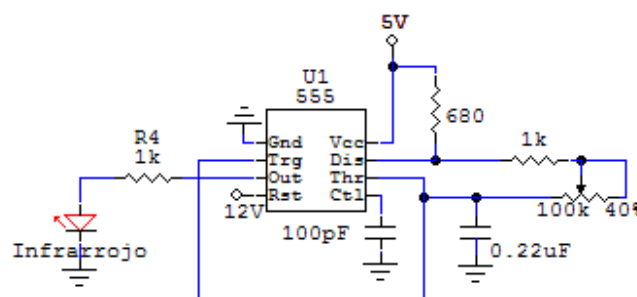


Figura B-2. Circuito para el foto diodo transmisor

Construir el circuito receptor, calibrarlo hasta obtener en la salida del filtro (LM567) una señal continua (sin oscilación).

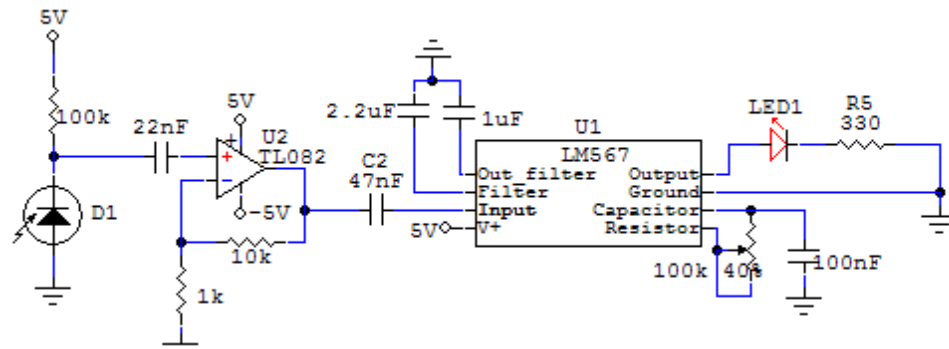


Figura B-3. Circuito para el fotodiodo receptor

C. GUÍA DE LABORATORIO: FOTORRESISTENCIA

En esta guía de laboratorio se espera que el alumno utilice y conozca el funcionamiento de la fotorresistencia. Se presenta un circuito práctico que muestra la aplicación más común.

1. Objetivos

- Conocer el funcionamiento de una fotorresistencia.
- Calibrar un circuito de acuerdo a la iluminación del ambiente.
- Construir un detector de iluminación.
- Construir un circuito de frecuencia relacionado con la iluminación detectada.
- Conocer el funcionamiento de una bocina en referencia a la frecuencia que la alimenta.

2. Fundamentos teóricos

a. Fotorresistencia. Una fotocélula es un tipo de resistencia que reacciona al percibir un haz de luz. Cuando la luz ilumina la célula, permite que la corriente fluya más libremente. Cuando la celda está en la oscuridad, su resistencia aumenta dramáticamente. Las fotorresistencias necesitan ser calibradas para el medio en el que se utilizarán, de este modo respondan de acuerdo a la iluminación presente en el medio. Pueden ser utilizadas para detectar fluctuaciones grandes o pequeñas, distinguir entre una bombilla y dos, luz del sol directa y oscuridad total.

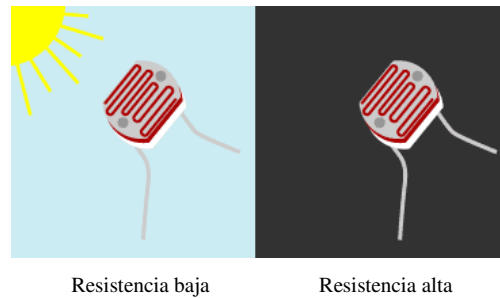


Figura C-1. Fotorresistencia

El valor de la fotorresistencia (en Ohmios) no varía de forma instantánea y el tiempo que tarda este proceso no siempre es igual, cuando se pasa de oscuro a iluminado o si se pasa de iluminado a oscuro.

Esto hace que la fotorresistencia no se pueda utilizar en muchas aplicaciones, especialmente aquellas que necesitan de mucha exactitud en cuanto a tiempo para cambiar de estado (oscuridad a iluminación o iluminación a oscuridad) y a exactitud de los valores de la fotorresistencia al estar en los mismos estados anteriores. Su tiempo de respuesta típico es de aproximadamente 0.1 segundos.

El circuito usado para controlar una fotorresistencia, es un divisor de voltaje. Se utiliza para poder detectar un valor análogo, un voltaje relativo al valor de la resistencia del componente. Como se puede observar en el circuito de la figura anterior, mientras la resistencia de la fotorresistencia disminuye, el voltaje A_{in} aumentará hasta alcanzar 5V. Si la resistencia de la fotorresistencia aumenta (como resultado de que disminuye la intensidad de la iluminación) el voltaje en A_{in} disminuirá a 0V.

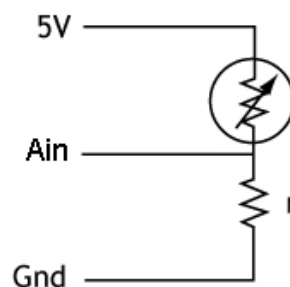


Figura C-2. Circuito básico para una fotorresistencia

Para determinar el valor de la resistencia r que se utiliza en el circuito se debe de determinar primero el valor de la resistencia de la fotorresistencia en presencia de luz y en oscuridad. Esto se hace midiendo con el ohmímetro la resistencia del componente en los extremos para ambas situaciones. Luego debe adaptar el valor de r a las condiciones de voltaje y corriente necesarios en los extremos, en este caso, en iluminación y oscuridad.

3. Laboratorio

Cuadro C-1. Materiales para la guía de fotorresistencia

Cantidad	Descripción
1	Resistencia de 220 Ω
2	Resistencia de 1 k Ω
1	Resistencia de 22 k Ω
1	Potenciómetro de 100 k Ω
1	Capacitor de 1 nF
1	Capacitor de 100 nF
1	Fotorresistencia
1	Bocina de 8 Ω
1	Timer 555
1	Transistor NPN 2N222
1	Led
	Fuente de voltaje
	Multímetro
	linterna

Construir el circuito que se muestra en la siguiente figura.

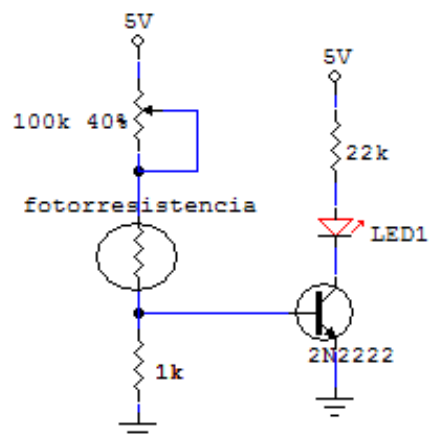


Figura C-3. Circuito para sensor lumínico

Para que el circuito funcione correctamente, debe calibrar el circuito con ayuda del potenciómetro, a modo que al luminar la fotorresistencia el led se apague, y que cuando la fotorresistencia este en la oscuridad el led se encienda.

Construir el circuito que se muestra en la siguiente figura.

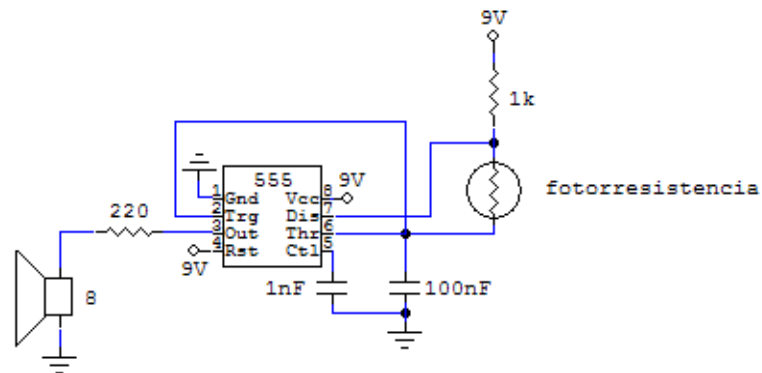


Figura C-4. Circuito para sensor de ruido

En este circuito se utiliza la fotorresistencia para variar la frecuencia del sonido que emite la bocina. Comprobar esto utilizando la linterna para aumentar la intensidad de iluminación, y luego tapar la fotorresistencia parcialmente hasta dejarla sin iluminación alguna.

D. GUÍA DE LABORATORIO: FOTOTRANSISTOR

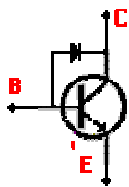
En esta guía de laboratorio se desea que el alumno utilice y conozca el funcionamiento de transistor de infrarrojo. Se utilizará un sistema de transmisor-receptor integrado para fines prácticos. Se presenta un circuito que cuenta las interrupciones de comunicación entre las terminales transmisora y receptora.

1. Objetivos

- Conocer el funcionamiento de un fototransistor.
- Conocer el funcionamiento de un foto receptor.
- Aplicar circuitos contadores digitales.
- Aplicar circuitos transformadores de sistema binario a display de 7 segmentos.
- Conocer la estructura de un display de 7 segmentos.
- Conocer el concepto de ánodo común.

2. Fundamentos teóricos

- a. Fototransistor. El circuito equivalente de un fototransistor, es un transistor común con un fotodiodo conectado entre la base y el colector, con el cátodo del fotodiodo conectado al colector



del transistor y el ánodo a la base. El fototransistor es muy utilizado para aplicaciones donde la detección de iluminación es muy importante. Como el fotodiodo, tiene un tiempo de respuesta muy corto, solo que su entrega de corriente eléctrica es mucho mayor.

Figura D-1. Fototransistor

Un fototransistor puede trabajar de dos maneras diferentes:

- Como un transistor normal con la corriente de base (IB) (modo común)
- Como fototransistor, cuando la luz que incide en este elemento hace de corriente de base de activación. (IP) (modo de iluminación).

La corriente de base total es igual a corriente de base modo común + corriente de base por iluminación: $IBT = IB + IP$. Si se desea aumentar la sensibilidad del transistor, debido a la baja iluminación, se puede incrementar la corriente de base (IB), con ayuda de polarización externa.

3. Laboratorio

Cuadro D-1. Materiales para la guía de fototransistor

Cantidad	Descripción
1	Resistencia de 100 Ω
14	Resistencia de 330 Ω
1	Resistencia de 470 Ω
1	Modulo de fototransistor (Receptor – Transmisor)
1	N channel MOSFET 2N3796
2	Contador 74LS90
2	BCD a 7 Segmentos 74LS47
2	Display 7 segmentos ánodo común
	Fuente de voltaje
	Multímetro

Construir el siguiente circuito.

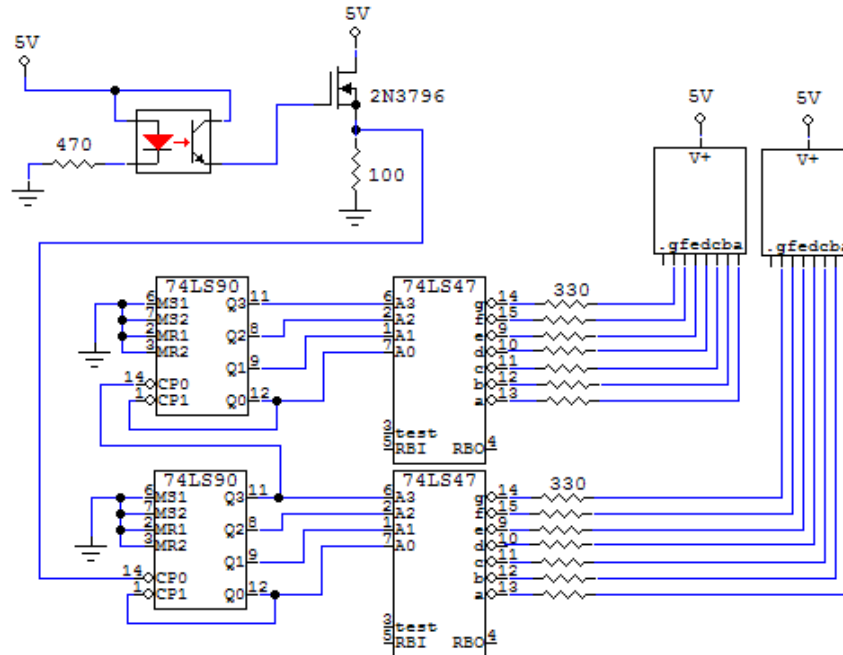


Figura D-2. Circuito para contador de pulsos con infrarrojo

E. GUÍA DE LABORATORIO: MÁXIMA TRANSFERENCIA DE POTENCIA

En esta guía de laboratorio se espera que el alumno verifique la resistencia de impedancia de la fuente de alimentación, utilizando el método de resistencia equivalente.

1. Objetivos

- Reforzar la teoría sobre las leyes de Kirckoff.
- Introducir el concepto de Potencia consumida.
- Introducir el concepto de equivalencias de Thevenin.
- Utilizar el método de regresión como herramienta de análisis.
- Reconocer algunos de los errores que se cometen en la medición de las características de los componentes de los circuitos.
- Conocer la impedancia de la fuente de voltaje que se utiliza en los laboratorios.

2. Fundamentos teóricos. La potencia disipada por una carga es un factor muy importante en el análisis de circuitos. Para explicar el concepto de potencia máxima transferida se utilizará el siguiente circuito.

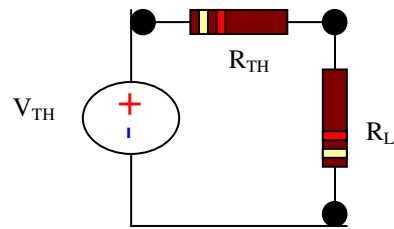


Figura E-1. Circuito de relación de Thevenin

Ahora lo que se desea determinar es el valor de R_L , con el cual se obtiene un consumo máximo de potencia. Como herramienta de análisis se debe de utilizar la equivalencia de Thevenin, esto facilita expresar la potencia disipada por R_L como una función de los componentes del circuito, así:

$$p = i^2 R_L = \left(\frac{V_{TH}}{R_{TH} + R_L} \right)^2 R_L$$

Para calcular el valor de R_L utilizamos las reglas básicas del cálculo. El valor máximo de potencia disipada se obtiene al derivar y encontrar el punto máximo de la ecuación. La siguiente ecuación que describe este punto máximo es:

$$\frac{d}{dR_L}(p) = V_{TH}^2 \left[\frac{(R_{TH} + R_L)^2 - R_L * 2(R_{TH} + R_L)}{(R_{TH} + R_L)^4} \right]$$

Para encontrar el punto de inflexión máximo, se realiza la siguiente igualdad de la cual se obtienen las siguientes igualdades:

$$\begin{aligned} \frac{d}{dR_L}(p) &= 0 \\ (R_{TH} + R_L)^2 - R_L * 2(R_{TH} + R_L) &= 0 \\ (R_{TH} + R_L)^2 &= R_L * 2(R_{TH} + R_L) \\ R_L &= R_{TH} \end{aligned}$$

Con esto puede concluir que la transferencia de máxima potencia ocurre cuando la resistencia de la carga es la misma que la resistencia la fuente. Sabiendo el valor para R_L , ahora puede calcular cual es el valor de potencia máxima entregada a R_L .

$$p = \left(\frac{V_{TH}}{R_L + R_L} \right)^2 R_L = \frac{V_{TH}^2}{4R_L}$$

3. Pre-Laboratorio. Calcular el valor al que se debe de ajustar el potenciómetro R_0 para obtener la máxima disipación de potencia. El voltaje de la fuente dependiente $I_c V_{s1}$ es 14 veces la corriente que pasa a través de la resistencia R_3 .

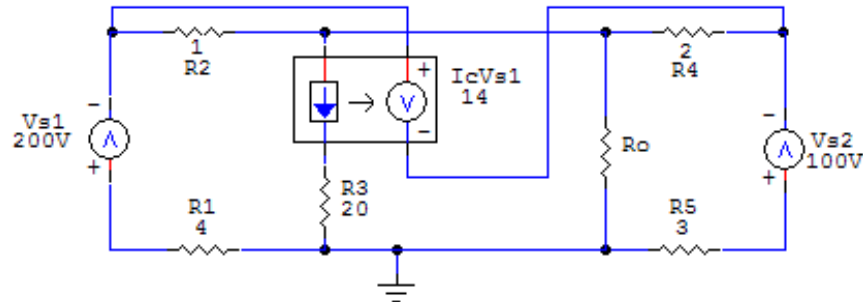


Figura E-2. Circuito de transferencia de potencia para tarea

4. Laboratorio

Cuadro E-1. Materiales para la guía de máxima transferencia de potencia

Cantidad	Descripción
2	Resistencia de $10\ \Omega$
1	Resistencia de $33\ \Omega$
2	Resistencia de $47\ \Omega$
1	Resistencia de $100\ \Omega$
1	Potenciómetro de $100\ \Omega$
1	Potenciómetro de $500\ \Omega$
	Multímetro

Debe construir el siguiente circuito, para el cual se desea averiguar que valor de resistencia debe ser R_4 para disipar la mayor potencia posible.

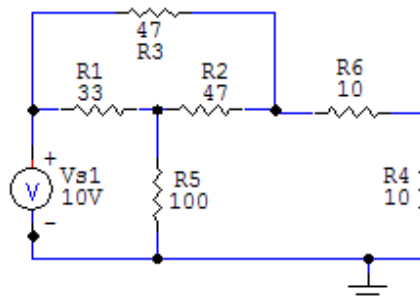


Figura E-3. Circuito del experimento de máxima transferencia de potencia

Para efectuar las mediciones debe reemplazar la resistencia de 10Ω (R4) por el potenciómetro de 100Ω , medir la corriente que pasa a través del potenciómetro y el voltaje en el nodo. Complete la siguiente tabla.

Cuadro E-2. Mediciones del experimento de máxima transferencia de potencia

R4	VOLTAJE	CORRIENTE	POTENCIA (V*I)
10			
20			
30			
40			
50			
60			
70			
80			
90			
100			

Deben elegir dos mediciones contiguas en las que se disipe la mayor cantidad de potencia, y evaluar 10 nuevos puntos en el rango entre los dos valores elegidos.

Cuadro E-3. Segundas mediciones del experimento de máxima transferencia de potencia

R4	VOLTAJE	CORRIENTE	POTENCIA (V*I)

Como se desea saber el valor de la resistencia para la cual se disipa mayor cantidad de potencia, entonces, se debe graficar la resistencia contra potencia disipada, utilizando las 20 mediciones realizadas, y obtener la regresión de la grafica (con ayuda de Excel, esta regresión es de segundo orden). Luego debe derivar la ecuación obtenida para la regresión y obtener el punto máximo despejando X cuando Y es cero.

RESISTENCIA (Requivalente)

Ahora se desea medir la resistencia interna de la fuente de voltaje, para lo cual se procederá a apagarla y a colocar el multímetro en lugar del potenciómetro y se deberá medir la resistencia como lo indica la figura.

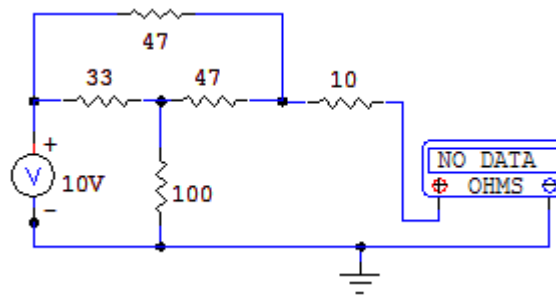


Figura E-4. Medición de la resistencia equivalente

RESISTENCIA (Requivalente)

¿Es este valor de resistencia igual al obtenido en el primer procedimiento? _____ ¿Por qué son o no iguales? _____

¿Cree usted correcto medir una resistencia en una rama o dentro de un circuito? _____
¿Por qué? _____

¿Por qué se midió potencia para calcular la resistencia equivalente? _____

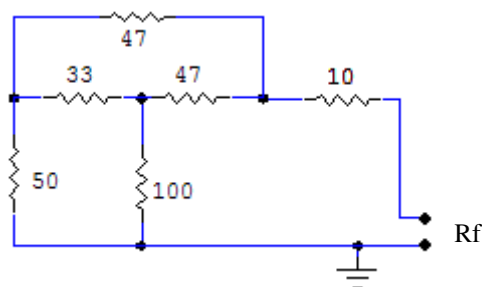


Figura E-5. Circuito para medir la impedancia de la fuente de voltaje

Utilizando como guía el circuito de la figura calcule una expresión para la resistencia equivalente. Iguale la expresión obtenida, al valor de resistencia equivalente encontrada con la regresión, y despeje el valor de R_f para obtener la impedancia de la fuente de voltaje.

F. GUÍA DE LABORATORIO: MOTOR DC

En esta guía de laboratorio se espera que el alumno utilice y conozca el funcionamiento de los motores DC. En este laboratorio se presenta un circuito que cambia polaridad basado en timer 555 y permite controlar la velocidad.

1. Objetivos

- Conocer la estructura de un motor DC.
- Conocer el funcionamiento de un motor DC.
- Construir un circuito regulador de velocidad.
- Aplicar el concepto de potencia promedio.

2. Fundamentos teóricos

a. Motor DC. Un motor eléctrico DC simple de 2 polos tiene 6 partes, tal como se muestra en el diagrama.

Un motor eléctrico está compuesto de imanes, los cuales utiliza para crear movimiento en el rotor. Esto es posible por la ley fundamental de los imanes: cargas opuestas se atraen e iguales se repelen. Dentro de un motor eléctrico esas fuerzas atrayentes y repulsivas crean movimiento rotacional.

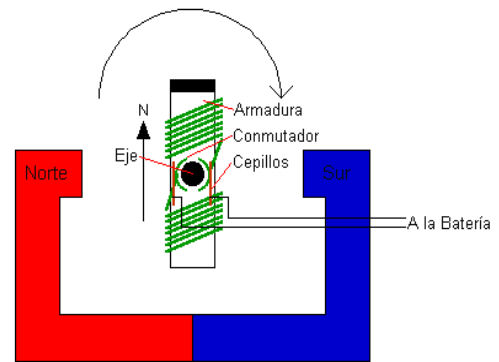


Figura F-1. Partes de un motor DC

b. Imanes y motores. Un imán es la base de un motor eléctrico. Si se ha creado un imán simple envolviendo 100 veces alambre alrededor de un tornillo y conectándolo a una batería. El tornillo se convertirá en un imán, tendrá un polo norte y sur, mientras la batería esté conectada. Ahora digamos que se toma el tornillo imán, se coloca un eje en la mitad, y se suspende en la mitad de la herradura del imán como se muestra en la figura siguiente.

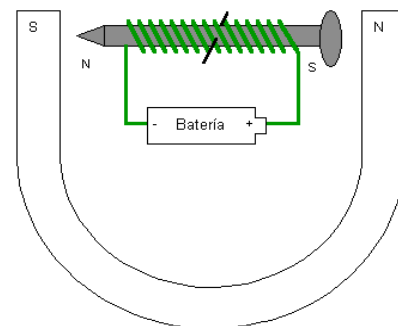


Figura F-2. Polaridad en un motor DC

Si se polariza el tornillo con una batería, de tal forma que el extremo norte del tornillo quedara frente al extremo norte del imán, el polo norte del imán será repelido del extremo norte de la herradura del imán y atraída al extremo sur de la herradura del imán. El extremo sur del imán será repelido de forma similar. El tornillo se movería una media vuelta y se colocaría en la posición mostrada.

Puede ver que este movimiento de media-vuelta es simple y obvio porque naturalmente los imanes se atraen y repelen uno al otro. La clave para un motor eléctrico es entonces que, al momento en que ese movimiento de media vuelta se complete, el campo del electroimán cambie.

El cambio hace que el electroimán haga otra media vuelta. El cambio del campo magnético se puede hacer simplemente cambiando la dirección del flujo de electrones en el. Si el campo del electroimán cambia justo en el momento de cada media vuelta, el motor eléctrico girará libremente.

La armadura toma el lugar del tornillo en un motor eléctrico. La armadura es un electroimán que se hace enrollando alambre delgado alrededor de 2 o más polos de un centro de metal. La armadura tiene un eje, y el conmutador está atado al eje. En el diagrama de la izquierda puede ver tres diferentes vistas de la misma armadura: frente, lado y extremo. En la vista de extremo el enrollado de alambre es eliminado para hacer el conmutador más obvio. Puede ver que el conmutador es un simple par de platos atados al eje. Esos platos dan las dos conexiones para el rollo del electroimán.

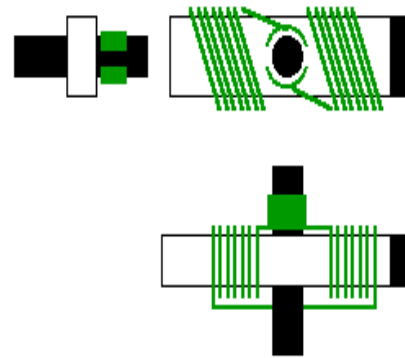


Figura F-3. Armadura de un motor

La parte del "cambio del campo eléctrico" de un motor es complementada por dos cosas: el conmutador y los cepillos. El diagrama de la derecha muestra cómo el conmutador y los cepillos trabajan juntos para dejar que el actual flujo de electrones vaya al electroimán, y también cambien la dirección de los electrones que corren en ese momento. Los contactos del conmutador están atados al eje del electroimán, así que cambian con el imán. Los cepillos son sólo dos pedazos de metal elástico o carbón que hace contacto con el conmutador.

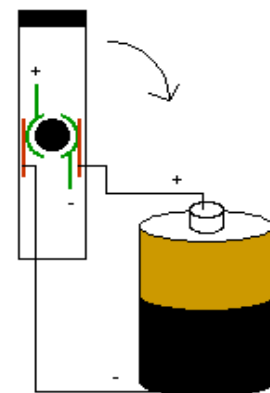


Figura F-4. Cepillo en un motor DC

3. Laboratorio

Cuadro F-1. Materiales para la guía de motor DC

Cantidad	Descripción
2	Resistencia de 100 Ω
2	Resistencia de 1 k Ω
2	Resistencia de 10 k Ω
1	Potenciómetro de 100 k Ω
1	Resistencia de 1 M Ω
2	Push button
2	Timer 555 (o 1 Timer dual 556)
1	Circuito Integrado 4011
1	Capacitor 22nF
1	Transistor 1N3904
1	Led rojo
1	Led verde
1	Motor DC

El circuito controlador de motor, que se propone, consta de un oscilador el cual proporciona la frecuencia que será proporcional a la velocidad del eje del motor. El circuito se diseñó, por medio de un transistor en configuración de seguidor, el cual ejecuta el cambio de dirección, lo que es equivalente a una conmutación de la señal de alimentación en las terminales del motor.

Construir el circuito que se presenta a continuación.

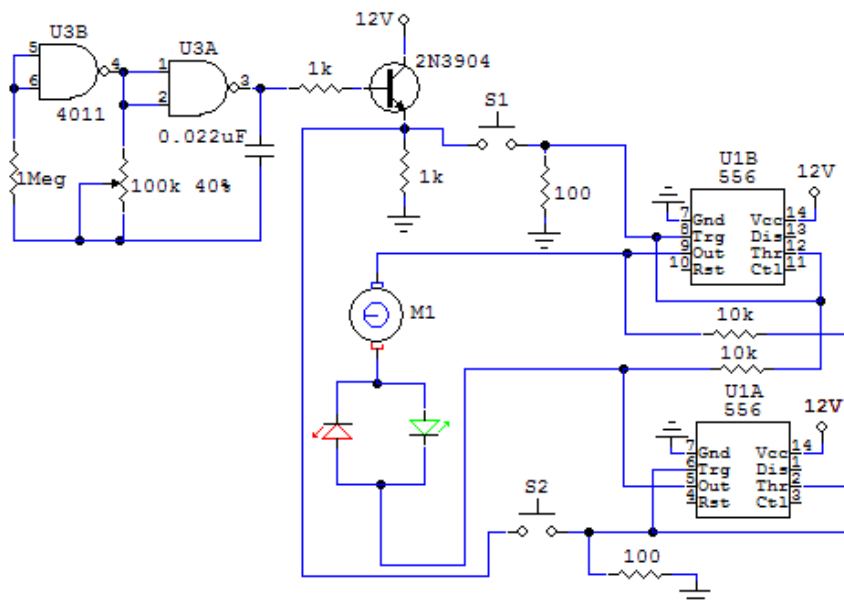


Figura F-5. Circuito controlador de la dirección y la velocidad de un motor DC

¿Por qué si el motor se alimenta con un tren de pulsos, el motor se mueve a velocidad constante?

G. GUÍA DE LABORATORIO: OPTO ACOPLADOR

En esta guía de laboratorio se espera que el alumno utilice y conozca el funcionamiento de los opto acopladores. Como práctica de laboratorio se presenta circuito digital que servirá de interfaz hacia la computadora.

1. Objetivos

- Conocer el funcionamiento y utilidad de los opto acopladores.
- Conocer la estructura de un teclado matricial.
- Aprender cómo utilizar e interpretar correctamente los datos en un teclado matricial.
- Conocer la estructura de datos en un puerto paralelo.
- Utilizar el puerto paralelo como interface de comunicación.
- Utilizar la computadora como medio gráfico, integrando sus conocimientos de programación en lenguajes de alto nivel.
- Conocer los requerimientos de la computadora respecto de la configuración y lectura de puertos.

2. Fundamentos teóricos

a. El Opto acoplador. Es un dispositivo que se compone de un diodo LED y un fototransistor, de manera de que cuando el diodo LED emita luz, ésta ilumine el fototransistor y conduzca. Estos dos elementos están acoplados de la forma más eficiente posible.

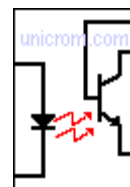


Figura G-1. Circuito opto acoplador

La corriente de salida I_C (corriente de colector del fototransistor) es proporcional a la corriente de entrada I_F (corriente en el diodo LED). La relación entre estas dos corrientes se llama "razón de transferencia de corriente" (CTR) y depende de la temperatura ambiente. A mayor temperatura ambiente, la corriente de colector en el fototransistor es mayor para la misma corriente I_F (la corriente por el diodo LED). La entrada (circuito del diodo) y la salida (circuito del fototransistor) están 100% aislados y la impedancia de entrada es muy grande (1013 ohms típico).

El opto acoplador es un dispositivo sensible a la frecuencia y el CTR disminuye al aumentar esta. Este elemento puede sustituir a elementos electromecánicos como relés, conmutadores. De esta manera se eliminan los golpes, se mejora la velocidad de conmutación y casi no hay necesidad de mantenimiento.

b. Teclado matricial. Dispositivo de entrada de datos que consta de 16 teclas o pulsadores, dispuestos e interconectados en filas y columnas. La lectura se realiza en forma de matriz, por lo que se determina la fila que está activada y se lee por columna si algún botón de esa fila fue presionado.

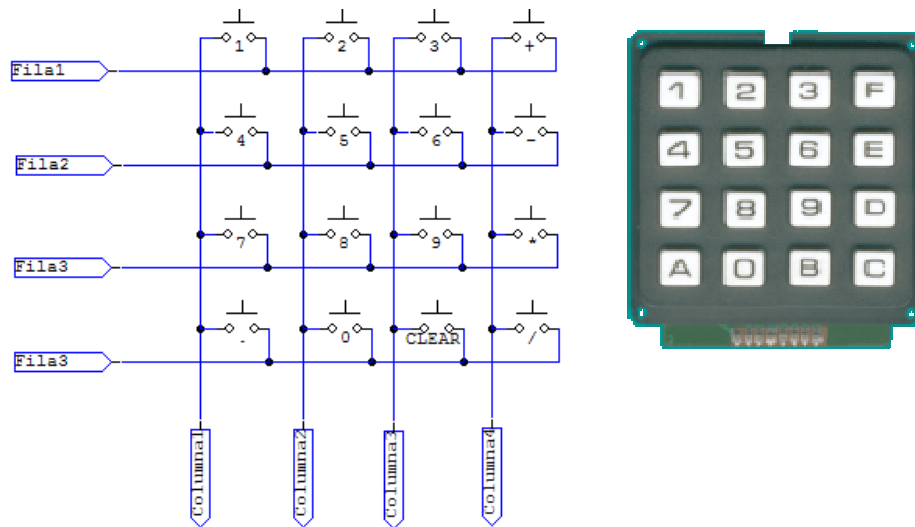


Figura G-2. Circuito para el manejo de teclado matricial

Por ejemplo, si quiere que leer el número 5 del teclado matricial, presione la tecla cuando este activada la fila 2 y debe leer positivo la columna 2. Por esta razón es que se le llama teclado matricial, ya que para saber el estado de cada tecla se debe consultar el voltaje en la columna y en la fila, de la posición a la que corresponde.

3. Pre-Laboratorio. Investigar los comandos que manejan el puerto paralelo y la distribución de los datos en los pines. Los lenguajes que se utilizan comúnmente son C++, Delphi y Visual Basic. Además debe crear una rutina que genere un pulso para cada pin de entrada del teclado y leer las salidas del teclado, interpretar la lectura e indicar cual es la tecla presionada. Debe traer el programa ejecutable (Teclado.EXE).

NOTA. Necesita la librería del sistema operativo IO.DLL para poder utilizar el puerto paralelo. Por otra parte, debe de programar el puerto paralelo como bi-direccional, para poder escribir y leer datos por medio de los pines asignados para esas funciones.

4. Laboratorio

Cuadro G-1. Materiales para la guía del opto acoplador

Cantidad	Descripción
8	Resistencia de 470 Ω
4	Opto acopladores 3220
1	Teclado Matricial

En caso no tuviera disponible un teclado matricial, este se puede construir utilizando 16 botones de pulsar, con ayuda del circuito presentado en los antecedentes.

Debe probar el funcionamiento correcto de su programa con ayuda del siguiente circuito. Presionar la tecla y desplegar en la computadora el número de la tecla que fue presionada. Recuerde que debe usar el puerto paralelo de la computadora, como medio de comunicación o interface entre el circuito y el programa.

Construir el circuito que se presenta a continuación.

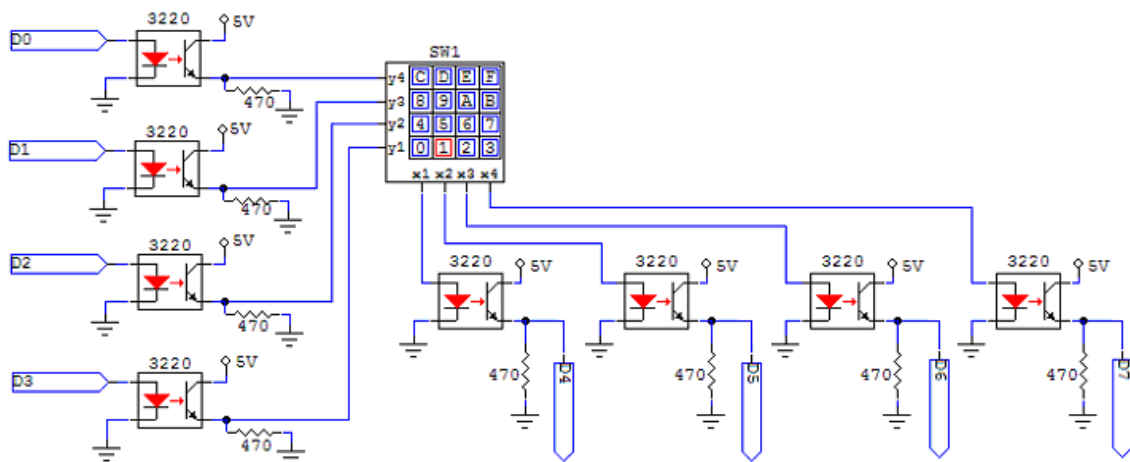


Figura G-3. Circuito para la interface del puerto serial con teclado matricial

H. GUÍA DE LABORATORIO: RELEVADOR (RELÉ)

En esta guía de laboratorio se espera que el alumno utilice y conozca el funcionamiento de los relevadores. Como practica de laboratorio se presenta un circuito aplicado a una chapa electrónica.

1. Objetivos

- Conocer la estructura de un relevador.
- Comprender el funcionamiento de un relevador.
- Comprender el funcionamiento de un circuito digital Flip-Flop SR.
- Construir un circuito para accionar de relevador.

2. Fundamentos teóricos

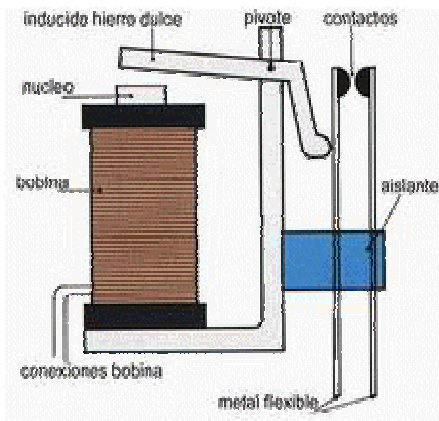


Figura H-1. Relevador de armadura

Este es el circuito básico para activar un relé, es la interfaz para componentes de potencia baja con componentes de alta potencia. Al cerrar el contacto empieza a energizarse la bobina. La cual genera un campo magnético en el núcleo. Cuando se magnetiza el núcleo, este atrae al inducido, el cual mecánicamente fuerza a los contactos a unirse.

En el momento es que se cierran los contactos, la corriente en circuito que se desea controlar. En este caso se enciende la bombilla.

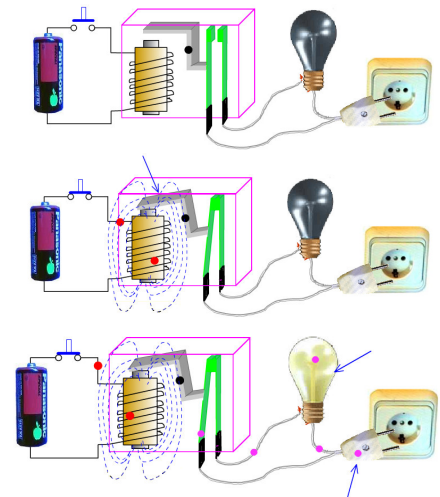


Figura H-2. Funcionamiento del relevador

Los símbolos que aparecen en las figuras poseen solo 1 y dos circuitos, pero existen relés con un mayor número de ellos.

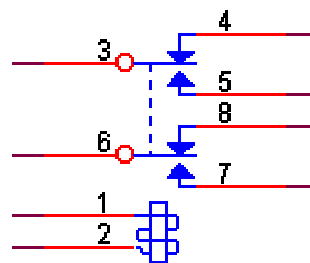
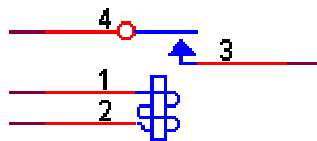


Figura H-3. Símbolo del relé de un circuito Figura H-4. Símbolo del relé de dos circuitos

3. Pre-Laboratorio. Leer la hoja de datos del integrado 4044.

4. Laboratorio

Cuadro H-1. Materiales para la guía del relevador

Cantidad	Descripción
1	Resistencia de 1 k Ω
2	Resistencia de 10 k Ω
1	Resistencia de 2.2 k Ω
1	Capacitor de 22 nF cerámico
1	Relé para 12 V
10	Push Boton
1	Diodo 1N4148
1	Circuito integrado 4011
1	Circuito integrado 4044
1	Transistor ECG123AP
1	Led
	Fuente de voltaje

Construir el siguiente circuito y evaluar el funcionamiento del mismo, con ayuda de las hojas de datos de los integrado digitales utilizados. Compruebe que la clave para abrir la chapa es la siguiente secuencia: presione primero S1, segundo S2, tercero S3 y por ultimo S4. Personalizar la clave de la chapa electrónica.

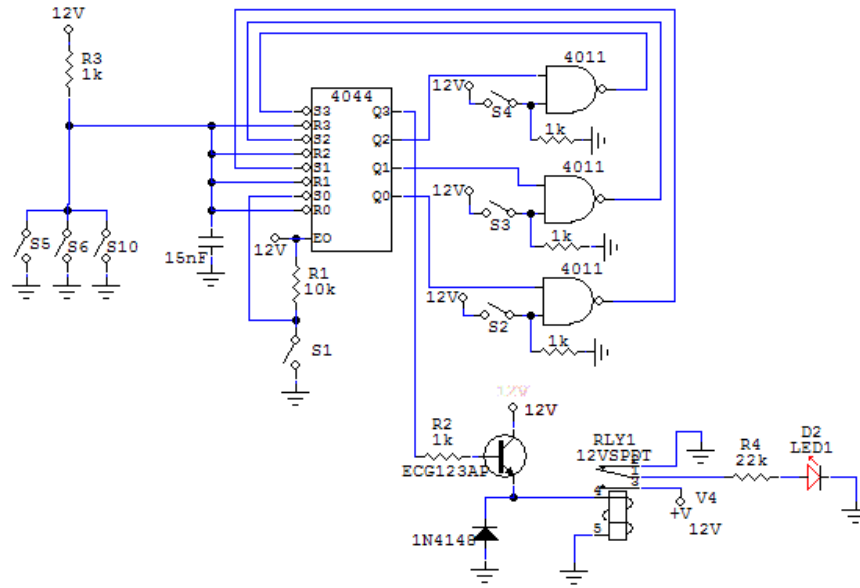


Figura H-5. Circuito para una chapa electrónica

I. GUÍA DE LABORATORIO: SCR Y UJT

En esta guía de laboratorio se desea que el alumno utilice y conozca el funcionamiento de los tiristores SCR y UJT. Como práctica de laboratorio se presenta circuitos de uso común.

1. Objetivos

- Conocer los transistores para voltajes medios o tiristores.
- Aprender cómo accionar un tiristor
- Aprender cómo interrumpir el voltaje en un tiristor.
- Aprender cómo utilizar un tiristor como accionador.
- Aprender cómo utilizar un tiristor como oscilador.

2. Fundamentos teóricos

a. El UJT. Es un dispositivo de disparo. El disparo ocurre entre el emisor y la base. El voltaje al que ocurre este disparo está dado por la fórmula:

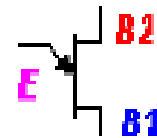


Figura I-1. Transistor UJT

$$\text{Voltaje de disparo} = V_p = 0.7 + n \times V_{B2B1}.$$

Donde:

- n = intrinsic standoff ratio (dato del fabricante)
- V_{B2B1} = Voltaje entre las dos bases

La fórmula es aproximada, porque el valor establecido en 0.7 puede variar de 0.4 a 0.7 dependiendo del dispositivo y la temperatura.

b. El SCR. Es un dispositivo que rectificador controlado de silicio, estos elementos semiconductores son muy utilizados para controlar la cantidad de potencia que se entrega a una carga, donde:



Figura I-2. Transistor SCR

- A = ánodo
- C = cátodo, también representado por la letra K
- G = compuerta o gate

Normalmente el SCR se comporta como un circuito abierto hasta que activa su compuerta (GATE) con una pequeña corriente y así este conduce y se comporta como un diodo en polarización directa, y se queda conduciendo. Si no existe corriente en la compuerta el tiristor no conduce. Después de activarlo, si se disminuye lentamente el voltaje, el tristor seguirá conduciendo hasta que por el pase, una cantidad de corriente menor a la llamada "corriente de mantenimiento o de retención", lo que causará que el SCR deje de conducir aunque la tensión V_G (voltaje de la compuerta) con respecto a tierra no sea cero.

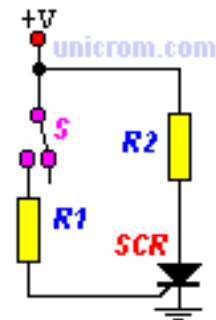


Figura I-3. Circuito de activación SCR

En corriente alterna se usa principalmente para controlar la potencia que se entrega a una carga. El circuito RC produce un corrimiento de la fase entre el voltaje de entrada y el voltaje en el condensador que es el que suministra la corriente a la compuerta del SCR.

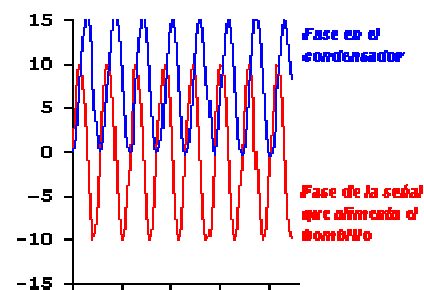
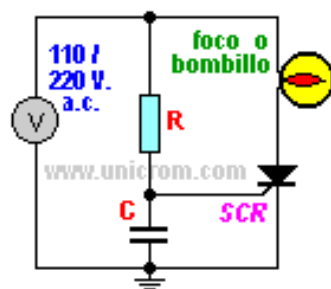


Figura I-4. Comportamiento de un circuito SCR

Puede verse que el voltaje en el condensador está atrasado con respecto al voltaje de alimentación causando que el tiristor conduzca un poco después de que el tiristor tenga la alimentación necesaria para conducir. Durante el ciclo negativo el tiristor se abre dejando de conducir. Si se modifica el valor de la resistencia, por ejemplo si se utiliza un potenciómetro, se modifica el desfase que hay entre las dos tensiones antes mencionadas ocasionando que el SCR se active en diferentes momentos.

3. Laboratorio

Cuadro I-1. Materiales para la guía de SCR y UJT

Cantidad	Descripción
1	Resistencia de 47 Ω
1	Resistencia de 330 Ω
1	Resistencia de 470 Ω
1	Resistencia de 680 Ω
2	Resistencia de 1 k Ω
1	Resistencia de 1.5 k Ω
1	Resistencia de 15 k Ω
1	Resistencia de 47 k Ω
1	Potenciómetro 50 k Ω
1	Capacitor 1 μ F
1	Capacitor 2.2 μ F
1	BJT NPN 2N3904
1	BJT PNP 2N3906
1	UJT 2N2646
1	SCR 2N5064
1	Led
1	Lámpara 110V
1	Puente Rectificador 110V
1	Push button NC
1	Push button NO
1	Punta osciloscopio
	Fuente de voltaje
	Multímetro

Construir el siguiente oscilador de relajación, basado en un UJT. Observar la grafica con ayuda del osciloscopio en el nodo nombrado como OUT.

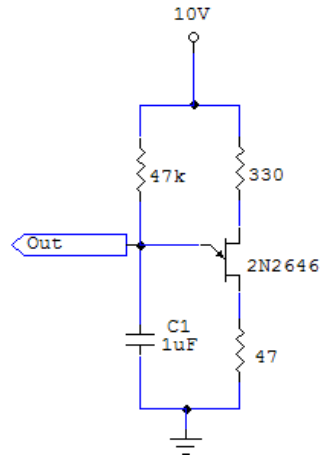


Figura I-5. Circuito para un oscilador SCR

Construir el siguiente circuito. Verificar que funciona como un switch para voltajes DC.

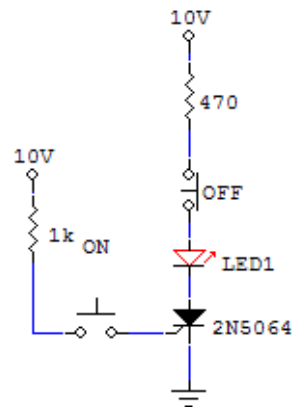


Figura I-6. Circuito de switch con SCR

Construir el siguiente dimmer para la lámpara de corriente alterna. Verificar que con el potenciómetro se puede alterar el punto de disparo del SCR, por que la intensidad de iluminación del foco variará.

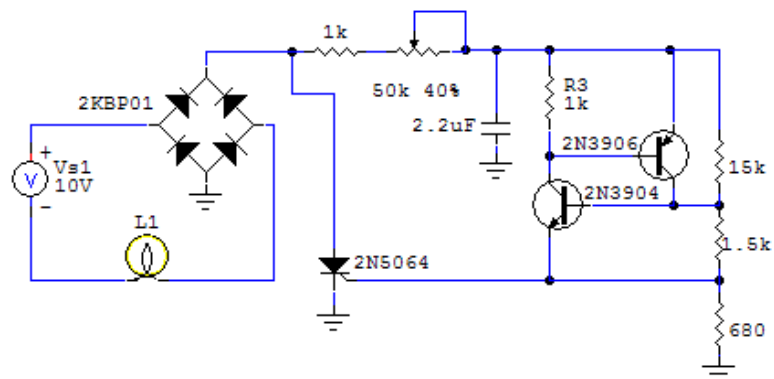


Figura I-7. Circuito para el control de intensidad lumínica con SCR

J. GUÍA DE LABORATORIO: SERVO MOTOR

El objetivo de esta guía de laboratorio es que el alumno utilice y conozca el funcionamiento de los servomotores. Como práctica de laboratorio se presentan circuitos de uso práctico que controlan el giro del servomotor.

1. Objetivos

- Conocer el funcionamiento de un servo motor.
- Construir un circuito controlador de un servo motor.
- Utilizar y conocer la aplicación de las señales Pulse Wide Modulation (PWM).

2. Fundamentos teóricos

a. Servomotor. Es un dispositivo pequeño que tiene un eje de rendimiento controlado. Este puede ser llevado a posiciones angulares específicas al enviar una señal codificada. Si la señal codificada está presente en la línea de entrada, el servo mantendrá la posición angular del engranaje. Cuando la señal codificada cambia, la posición angular del servo cambiará.



Figura J-1. Servo motor

En la práctica, se usan servos para posicionar superficies de control, como el movimiento de palancas, pequeños ascensores y timones. También se usan en radio control, títeres y robots.

La posición de la armadura es determinada por el ciclo de trabajo de un tren de pulso rectangular periódico. El ciclo de trabajo de un tren de pulso rectangular se expresa en porcentaje, y es el cociente de la duración del pulso dividido el periodo del mismo. A este tipo de señal codificada en el ancho de pulso se le conoce como señal modulada en pulso (Pulse Wide Modulation, PWM).

b. Funcionamiento de un servomotor. El motor del servo tiene algunos circuitos de control. Contiene un potenciómetro conectado al eje central del servo motor. Este potenciómetro permite a la circuitería de control, supervisar el ángulo actual del servo motor. Si el eje está en el ángulo correcto, entonces el motor está apagado. Si el circuito detecta que el ángulo no es el correcto, el motor girará en la dirección adecuada hasta llegar al ángulo correcto. El eje del servo es capaz de girar alrededor de los 180 grados. Normalmente, en algunos llega a los 210 grados, pero varía según el fabricante.

La cantidad de voltaje aplicado al motor es proporcional a la distancia que éste necesita girar. Así, si el eje necesita regresar una distancia grande, el motor regresará a toda velocidad. Si éste necesita regresar sólo una pequeña cantidad, el motor correrá a una velocidad más lenta. A esto se le llama control proporcional.

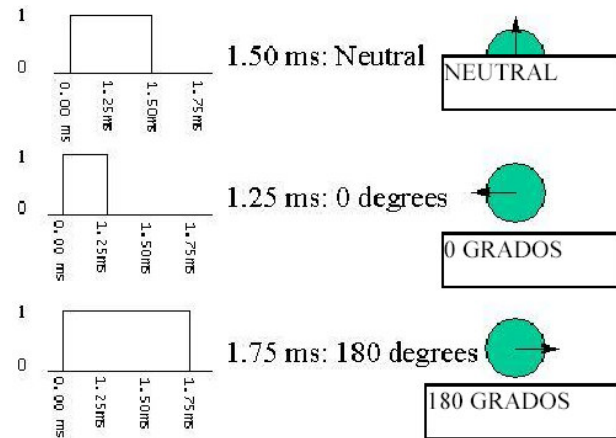


Figura J-2. Funcionamiento del Servo motor

El cable de control se usa para comunicar el ángulo. El ángulo está determinado por la duración de un pulso que se aplica al alambre de control. A esto se le llama PCM Modulación Codificada de Pulsos. El servo espera ver un pulso cada 20 milisegundos. La longitud del pulso determinará los giros de motor. Un pulso de 1.5 ms, por ejemplo, hará que el motor se torne a la posición de 90 grados (llamado la posición neutra). Si el pulso es menor de 1.5 ms., entonces el motor se acercará a los 0 grados. Si el pulso es mayor de 1.5ms, el eje se acercará a los 180 grados.

Como se observa en la figura, la duración del pulso indica o dictamina el ángulo del eje (mostrado como un círculo verde con flecha). Nótese que las ilustraciones y los tiempos reales dependen del fabricante de motor.

3. Laboratorio

Cuadro J-1. Materiales para la guía del servomotor

Cantidad	Descripción
2	Resistencia de 10 k Ω
1	Resistencia de 15 k Ω
1	Resistencia de 220 k Ω
1	Potenciómetro 100 k Ω
2	Capacitor 100 nF
1	Transistor BJT 2N3904
1	Timer 555
1	Servomotor
	Punta de Osciloscopio
	Fuente de voltaje

Construir el circuito con las siguientes indicaciones. En la posición que se indica como control conecte a la entrada de la señal PWM en el servo motor. Con ayuda del potenciómetro se alterara el ancho el pulso con lo que se obtendrá la señal codificada deseada para controlar la posición del servo motor. Con el osciloscopio, observe los cambios y corrobore la relación que existe entre la señal de control y la posición del eje del servo motor.

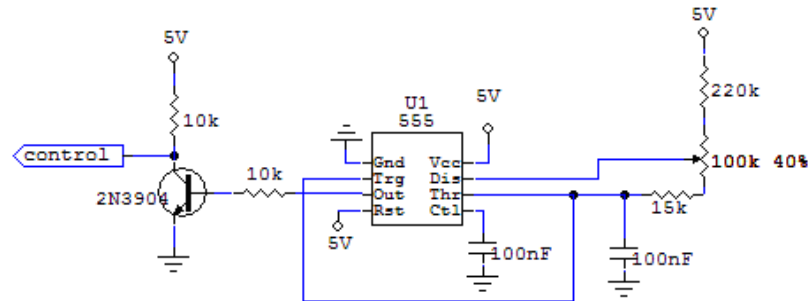


Figura J-3. Circuito para controlar un servo motor

K. GUÍA DE LABORATORIO: SOLENOIDE

En esta guía de esta guía de laboratorio es que el alumno utilice y conozca el funcionamiento de los solenoides. Se presenta un circuito de uso común para activar un solenoide.

1. Objetivos

- Conocer el funcionamiento de un solenoide.
- Aplicar un circuito generador de un campo magnético.
- Conocer componentes que pueden ser útiles como accionamientos mecánicos.

2. Fundamentos teóricos

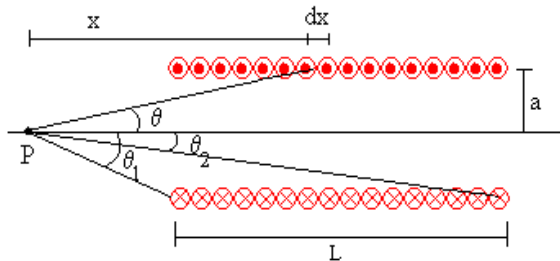


Figura K-1. Campo magnético en un solenoide

a. El solenoide. En un solenoide se tiene un punto P situado en el eje, en el cual se suma el campo magnético producido por las N espiras. Si las espiras tienen un radio a y el punto P dista una longitud x del eje. Entonces el campo producido por el solenoide es:

$$B = \frac{\mu_0 i a^2}{2(\sqrt{a^2 + x^2})^3}$$

Todas las espiras del solenoide producen en P un campo que tiene la misma dirección y sentido, pero distinto módulo, dependiendo de su distancia x al punto P. El número de espiras que hay en el intervalo comprendido entre x y x+dx es: $dn=N \cdot dx/L$. Estas espiras producen en P un campo, que es el producto del campo producido por una espira, por el número dn de espiras:

$$dB = \frac{\mu_0 i a^2}{2(\sqrt{a^2 + x^2})^3} \frac{N}{L} dx$$

Para integrar, se tiene que hacer el cambio de variable por $a=x \cdot \tan\theta$. Teniendo en cuenta que $1+\tan^2\theta = 1/\cos^2\theta$, se simplifica la integral y se obtiene que el campo es:

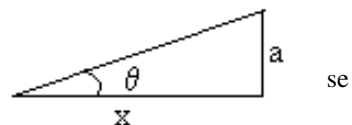
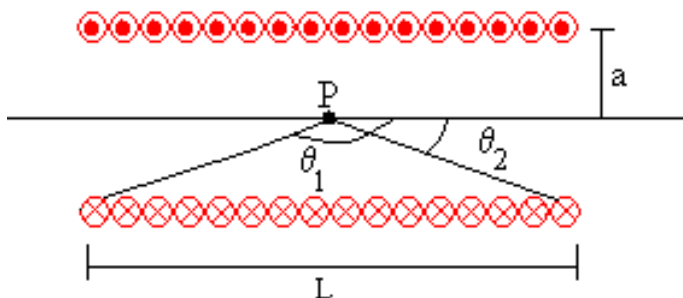


Figura K-2. Relación matemática

$$B = \frac{\mu_0 i N}{2L} \int_{\theta_1}^{\theta_2} \sin \theta \cdot d\theta = \frac{\mu_0 i N}{2L} (\cos \theta_2 - \cos \theta_1)$$



Si el solenoide es muy largo comparado con su radio a y si el punto P está situado en el centro, se tendrá que $\theta_1 \rightarrow \pi$, y $\theta_2 \rightarrow 0$. El campo B vale entonces:

$$B = \frac{\mu_0 i N}{L}$$

Figura K-3. Campo magnético en el centro del solenoide

Si se supone que el solenoide es muy largo comparado con el radio de sus espiras, el campo es aproximadamente uniforme y paralelo al eje en el interior del solenoide y es nulo fuera del solenoide. En esta aproximación es aplicable la ley de Ampère.

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 i$$

Para determinar el campo magnético, aplicando la ley de Ampère, se toma un camino cerrado ABCD que sea atravesado por corrientes. La circulación es la suma de cuatro contribuciones, una por cada lado.

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \int_A^B \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} + \int_B^C \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} + \int_C^D \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} + \int_D^A \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l}$$

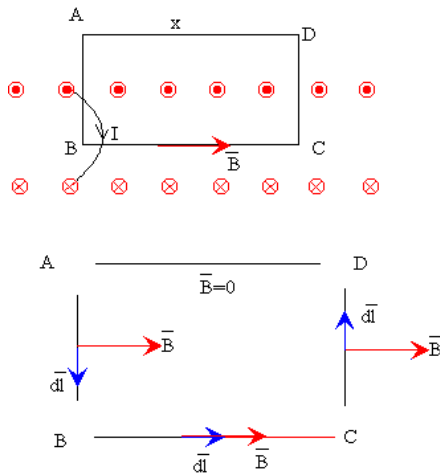


Figura K-4. Dirección del campo magnético en el solenoide

Examinando cada una de las contribuciones a la circulación:

La contribución a la circulación del lado AB es cero ya que B y dl son perpendiculares o bien, B es nulo en el exterior del solenoide. Lo mismo ocurre en el lado CD. En el lado DA la contribución es cero, ya que el campo en el exterior al solenoide es cero.

El campo es constante y paralelo al lado BC. La contribución a la circulación es Bx , siendo x la longitud de dicho lado.

La corriente que atraviesa el camino cerrado ABCD se puede calcular fácilmente si hay N espiras en la longitud L del solenoide en la longitud x habrá Nx/L espiras. Como cada espira transporta una corriente de intensidad i, la corriente que atraviesa el camino cerrado ABCD es $Nx \cdot i/L$. La ley de Ampère se escribe para el solenoide como:

$$Bx = \mu_0 \frac{Nx}{L} i \quad B = \mu_0 \frac{N}{L} i$$

3. Laboratorio

Cuadro K-1. Materiales para la guía de solenoide

Cantidad	Descripción
1	Resistencia de 100 Ω
1	Resistencia de 1 k Ω
1	Resistencia de 22 k Ω
1	Resistencia de 51 k Ω
1	Resistencia de 100 k Ω
1	Capacitor 1 nF
2	Capacitor 10 nF
3	Diodo 1N4148
1	ECG291 (TIP29)
1	Push button
2	Timer 555
1	Solenoide
	Fuente de voltaje

Construir el siguiente circuito, no dejar conectado el solenoide por mucho tiempo ya que la corriente necesaria para generar el campo magnético es elevada y puede dañar su circuito interior al estar expuesto por mucho tiempo a ella.

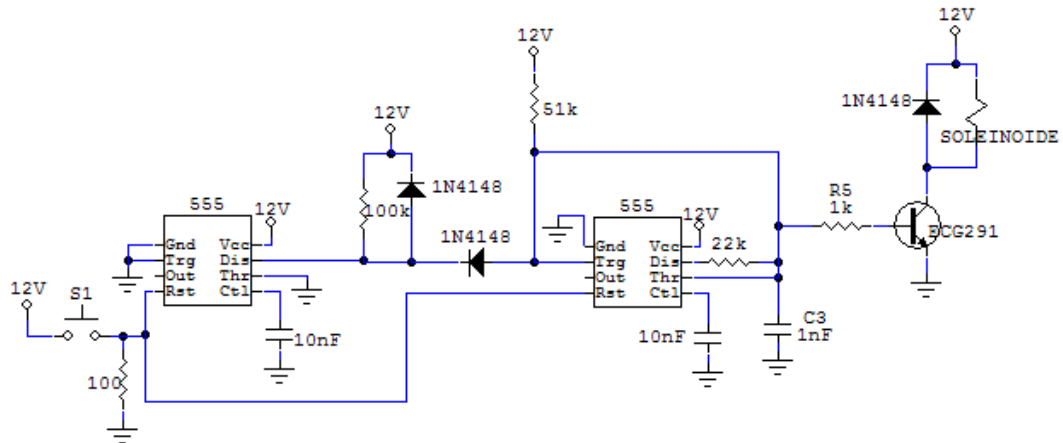


Figura K-5. Circuito de activación para un solenoide

L. GUÍA DE LABORATORIO: STEPPER BIPOLAR

El objetivo de esta guía de laboratorio es que el alumno utilice y conozca los motores de paso bipolares. Como práctica de laboratorio se presenta un circuito que ayuda a controlar el motor, basado en un diagrama de puente H.

1. Objetivos

- Conocer la estructura de un motor de paso bipolar.
- Aprender cómo controlar un motor de paso bipolar.
- Conocer el circuito de un puente H.
- Utilizar e incorporar los transistores MOSFET.
- Utilizar e incorporar los integrados digitales Flip Flop JK.

2. Fundamentos teóricos

a. Motores de paso bipolar. Los motores de paso bipolares, existen de imán permanente o híbridos. Están diseñados de la misma forma que un motor unipolar, la diferencia es que no tienen tap central. Poseen dos bobinas separadas y cuyas polaridades necesitan ser invertidas o cambiadas en cada operación para que haga girar el rotor.

El motor mismo es simple, pero el circuito manejador o driver que necesita, debe invertir la polaridad de cada par de polos del motor. Dicho circuito permite que la polaridad de la fuente de alimentación aplicada a las terminales de cada bobinado, sea controlada de manera independiente.

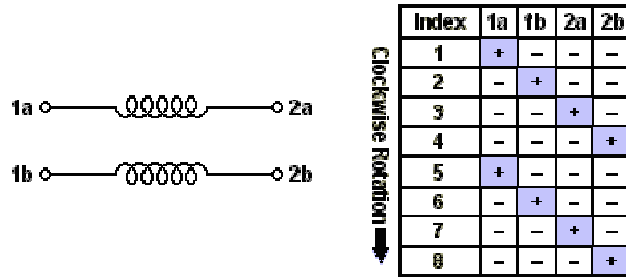


Figura L-1. Polarización para un motor de paso bipolar

b. Secuencia de control de un motor bipolar. Los motores bipolares manejan la misma secuencia que un motor unipolar, pero los '0' y '1' corresponden a la polaridad del voltaje aplicado a las bobinas, ya no es simplemente signos de "on-off". Cada bobina necesita su propio circuito controlador llamado puente H. Un motor bipolar típicamente tiene 4 cables, los cuales van conectados a los extremos de las dos bobinas aisladas.

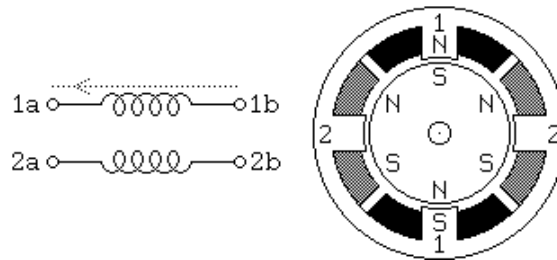


Figura L-2. Posición de las bobinas en el motor de paso bipolar

La siguiente imagen muestra la secuencia que se debe utilizar para polarizar las bobinas del motor de paso. Esta primera secuencia, acciona solamente un embobinado a la vez, así que proporciona un esfuerzo de torsión más bajo.

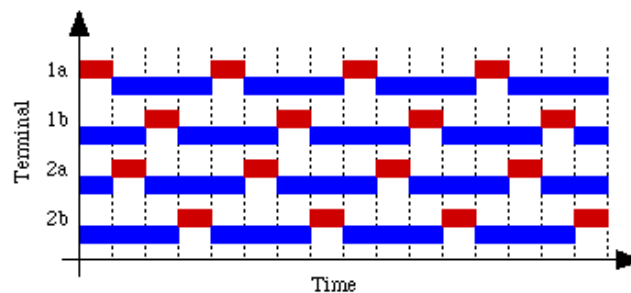


Figura L-3. Polarización para un motor de paso bipolar en el tiempo

Esta segunda secuencia acciona dos bobinas a la vez y produce un esfuerzo de torsión cerca del 40% mayor, que la secuencia anterior, el inconveniente es que utiliza el doble de energía.

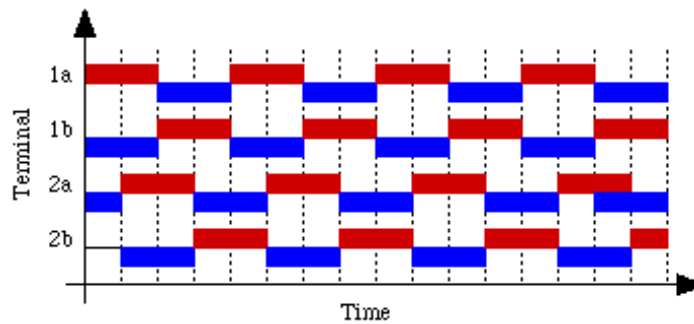


Figura L-4. Polarización para un motor de paso bipolar de doble torque

3. Laboratorio

Cuadro L-1. Materiales para la guía de motor de paso bipolar

Cantidad	Descripción
2	Capacitor de 10 μF Ω
6	IRLML2803
4	IRLML6302
1	Circuito Integrado 4027
1	Circuito Integrado 4030
3	Push button
3	Resistencia de 1 $\text{k}\Omega$
1	Stepper bipolar
	Fuente de voltaje

Para cada pin de control colocar un push button con un pin al voltaje de alimentación, y el otro a la entrada del comando utilizando la resistencia de 100 Ω como referencia a tierra. Colocar los capacitores entre las salidas P1 y P2.

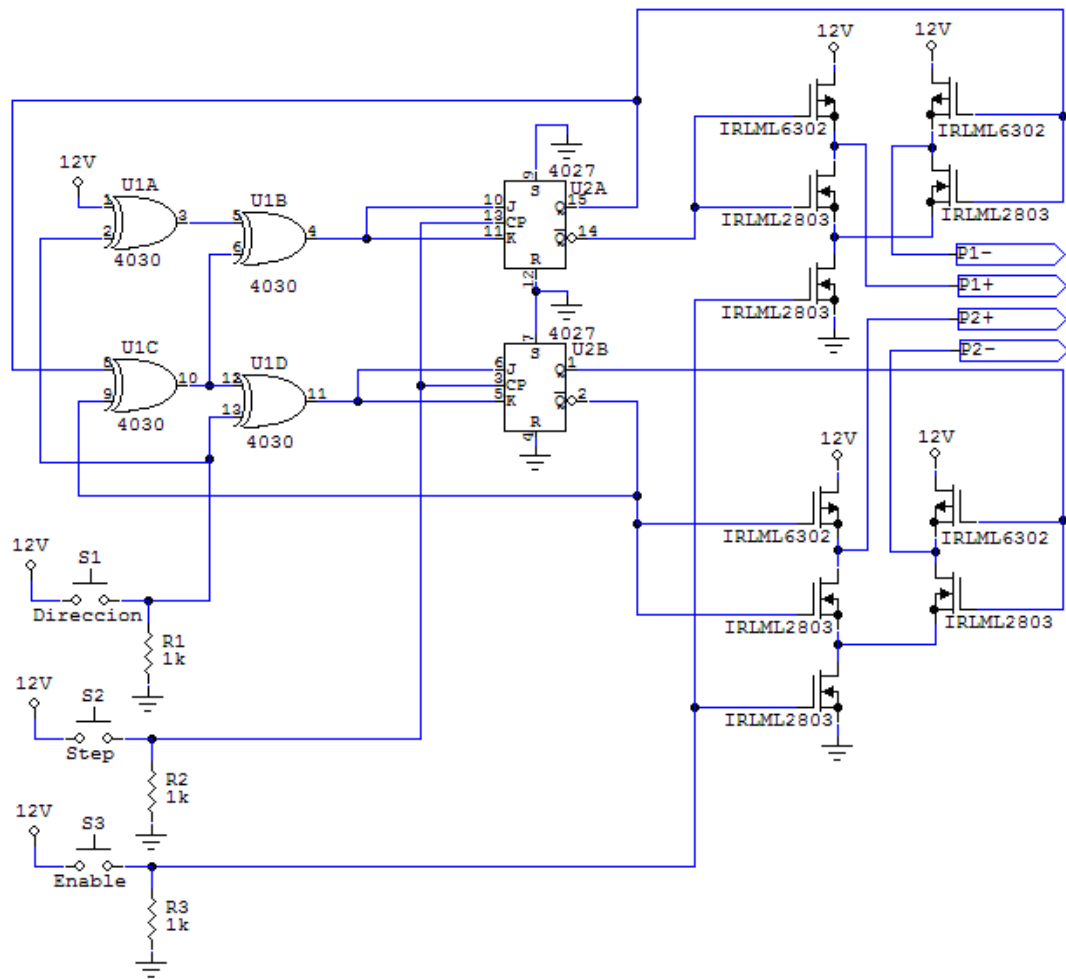


Figura L-5. Circuito para el control de un motor de paso bipolar

M. GUÍA DE LABORATORIO: STEPPER UNIPOLAR

El objetivo de esta guía de laboratorio es que el alumno utilice y conozca los motores de paso unipolar. Como circuito de control se utiliza un contador basado en un integrado contador de década.

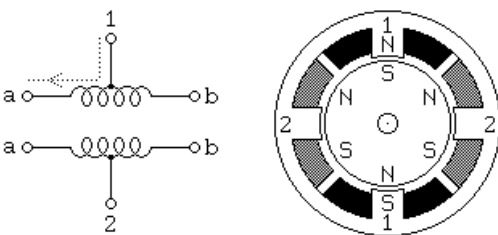
1. Objetivos

- Conocer la estructura de un motor de paso unipolar.
- Construir un circuito controlador para un motor de paso unipolar.
- Aprender cómo ampliar al doble el ángulo de paso de un motor de paso unipolar.
- Aprender cómo amplificar la fuerza de del rotor en un motor de paso unipolar.
- Aplicar e introducir los contadores de décadas.

2. Fundamentos teóricos

a. Motor de paso unipolar. Su característica principal es tener un tap central. Los motores de paso unipolar, ya sean de imán permanente o híbridos, con 5 ó 6 cables, poseen un tap central en cada uno de los bobinados. El número de fases es el doble al número de bobinas, ya que cada bobina es dividida en dos por medio del tap central. Son relativamente fáciles de controlar.

Los tap centrales típicamente son conectados a la fuente de alimentación positiva, y los extremos de cada bobinado son alternativamente puestos a tierra por el circuito controlador, para invertir la dirección del campo entregado por el bobinado.



El motor mostrado es de un paso de 30°. El bobinado 1 está distribuido entre la parte superior e inferior del estator y el bobinado 2 entre la izquierda y derecha del estator. El rotor es un imán permanente de 6 polos, 3 norte y 3 sur, arreglados alrededor de su circunferencia. Para altas resoluciones el rotor debe tener más polos.

Figura M-1. Posición de las bobinas del motor de paso unipolar

Por ejemplo, para el motor mostrado, si fluye corriente por un lado de bobina 1, la parte de arriba del estator esta en N y la de abajo en S. Esto atrae el rotor a la posición mostrada. Si ahora se deja de alimentar la bobina 1 y se alimenta un lado de la bobina 2, el rotor girara o dará un paso de 30°. La siguiente imagen muestra una secuencia de manejo estándar.

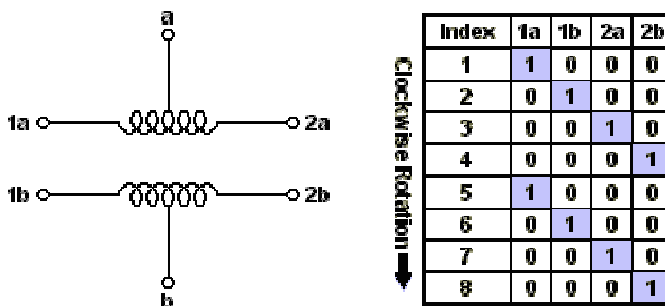


Figura M-2. Polarización del motor de paso unipolar

Sin embargo, existe una secuencia de manejo a medio paso y otra de gran torque. En la secuencia de gran torque, 2 bobinados están activados al mismo tiempo para cada paso del motor. En este caso el torque es 1.5 veces mas que el entregado en una secuencia estándar, pero maneja el doble de corriente. La secuencia de manejo a medio paso es la combinación de las 2 anteriores. Primero una bobina es activada,

luego dos bobinas, luego una, etc. Esto hace que le número de pasos por revolución sea el doble y el ángulo por paso se reduzca a la mitad.

Index	1a	1b	2a	2b
1	1	0	0	1
2	1	1	0	0
3	0	1	1	0
4	0	0	1	1
5	1	0	0	1
6	1	1	0	0
7	0	1	1	0
8	0	0	1	1

**Alternate Full Step Sequence
(Provides more torque)**

Index	1a	1b	2a	2b
1	1	0	0	0
2	1	1	0	0
3	0	1	0	0
4	0	1	1	0
5	0	0	1	0
6	0	0	1	1
7	0	0	0	1
8	1	0	0	1
9	1	0	0	0
10	1	1	0	0
11	0	1	0	0
12	0	1	1	0
13	0	0	1	0
14	0	0	1	1
15	0	0	0	1
16	1	0	0	1

Half Step Sequence

Figura M-3. Secuencia de gran torque (izq) y secuencia de medio paso (der)

La siguiente figura muestra un ejemplo más preciso, de la secuencia estándar:

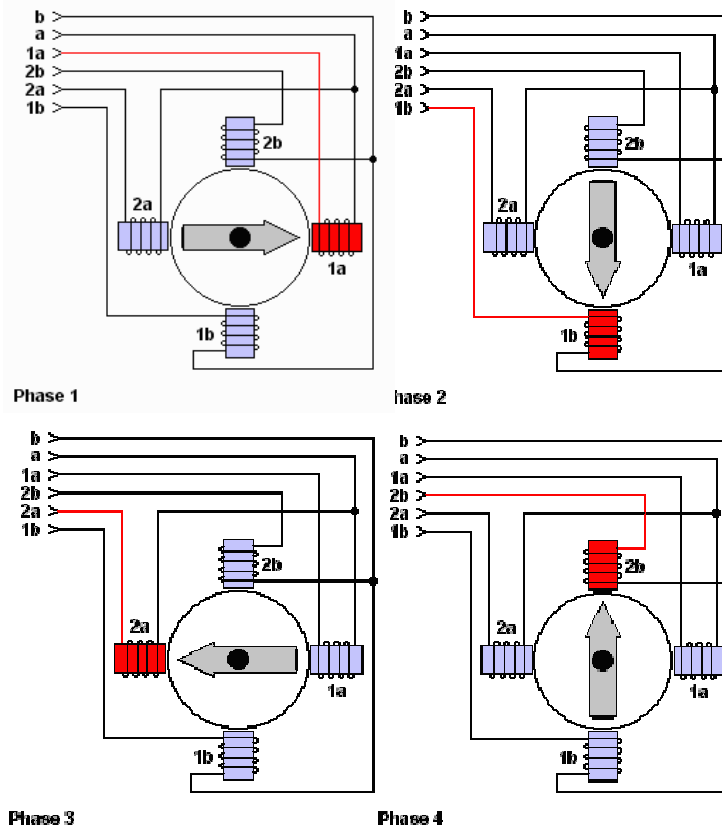


Figura M-4. Comportamiento del rotor de un motor de paso unipolar en secuencia estándar

3. Laboratorio

Cuadro M-1. Materiales para la guía del motor de paso unipolar

Cantidad	Descripción
2	Resistencia de 100 Ω
8	Resistencia de 2 k Ω
2	Push Boton
8	Transistores BD135
1	Circuito Integrado 4022
1	Circuito Integrado 4049
1	Stepper unipolar de 6 polos
	Fuente de voltaje

Construir el siguiente circuito controlador para un motor de paso unipolar. Debe verificar que los polos de los embobinados están siendo magnetizados en la secuencia correcta. Si existe algún error en la conexión el motor dará saltos pronunciados o se regresara. Luego de comprobar el funcionamiento correcto para el circuito controlador y el motor, modificar el circuito para aumentar la fuerza en el embobinado del motor.

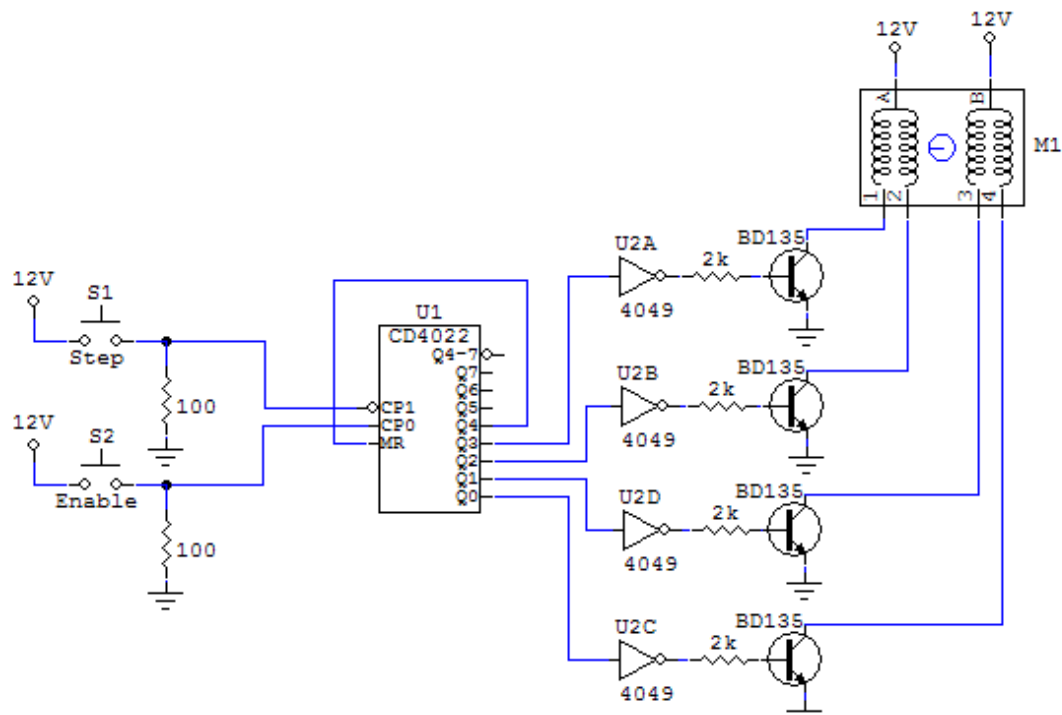


Figura M-5. Circuito de control para un motor de paso unipolar

N. GUÍA DE LABORATORIO: TERMO COPLA

El objetivo de esta guía de laboratorio, es que el alumno utilice y conozca el funcionamiento de un sensor térmico. Como práctica de laboratorio se desea que el alumno obtenga la grafica característica de un sensor de temperatura.

1. Objetivos

- Conocer el funcionamiento básico de los sensores de temperatura.
- Utilizar un termistor como sensor de voltaje.
- Conocer el comportamiento de un termistor referente al cambio de temperatura.
- Utilizar un sensor específico como sensor de voltaje.
- Conocer el comportamiento de un sensor específico referente al cambio de temperatura.
- Construir un medidor de temperatura con escalas, utilizando OPAMS como comparadores de ventana.

2. Fundamentos teóricos

a. Sensor de temperatura. La temperatura es uno de los parámetros de medición más importantes. La forma habitual de medirla es mediante un termómetro de alcohol, pero éste tiene varios inconvenientes. A menudo es difícil de leer, tiene bastante inercia térmica, con lo que tarda mucho en dar una medida precisa y fundamentalmente es imposible controlar ningún dispositivo con él.

Mediante una sonda se abre la posibilidad de montar un termómetro electrónico muy preciso, una alarma de temperatura, o un termostato que active un dispositivo si la temperatura baja, u otro dispositivo si la temperatura aumenta de cierto valor.

b. El termistor. Son resistencias cuyo valor cambia con la temperatura. Son baratos y fáciles de encontrar, pero su respuesta no es lineal, por lo que el circuito electrónico se complica para la mayor parte de las aplicaciones.

c. El termopar. Son componentes formados por la unión de dos metales, que generan un pequeño voltaje dependiendo de la temperatura. Sin embargo su respuesta a la temperatura no es lineal.

d. Sensores específicos. Varios fabricantes de componentes electrónicos han creado sensores específicos para temperatura. Por ejemplo, el LM335 y LM35 da 0,01 V (10 mV) por cada 1°C. Son totalmente lineales y requieren circuitos básicos comparativos.

e. El diodo. Es un componente pequeño y barato, el cual sólo deja pasar la corriente en un sentido. En el sentido de la corriente siempre provoca una diferencia de potencial, que depende de la temperatura. La diferencia es muy lineal, de aproximadamente unos 2,2 mV/°C. Su comportamiento es inverso, es decir, más voltaje cuanto más baja es la temperatura.

3. Laboratorio

Cuadro N-1. Materiales para la guía de termo copla

Cantidad	Descripción
13	Resistencia de 1k Ω
4	Potenciómetro de 1k Ω
2	Potenciómetro de 5k Ω
6	Led
2	LM348
1	LM35DZ
1	Termistor de 10k Ω
1	Termómetro centígrado
1	Estufa
1	Beaker
	Pistola de Silicón
	Fuente de voltaje
	Multímetro

Conecte el sensor de termistor. Luego caliente agua e introduzca el termistor para medir la temperatura. Obtenga 10 mediciones de temperatura y el voltaje correspondiente.

Complete la tabla calculando la resistencia del termistor con ayuda de las leyes de Kirchoff (divisor de voltaje).

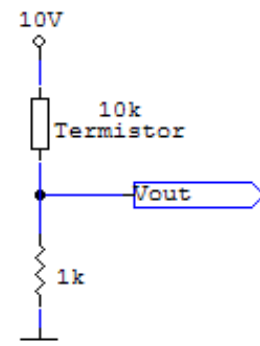


Figura N-1. Circuito para termistor

Cuadro N-2. Mediciones de voltaje del circuito para termistor

TEMP C°	VOLTAJE ascenso	VOLTAJE descenso	PROMEDIO	Rt
15				
20				
25				
30				
35				
40				
45				
50				
55				
60				

Grafique la curva de comportamiento de temperatura contra voltaje. Obtener la gráfica de regresión.

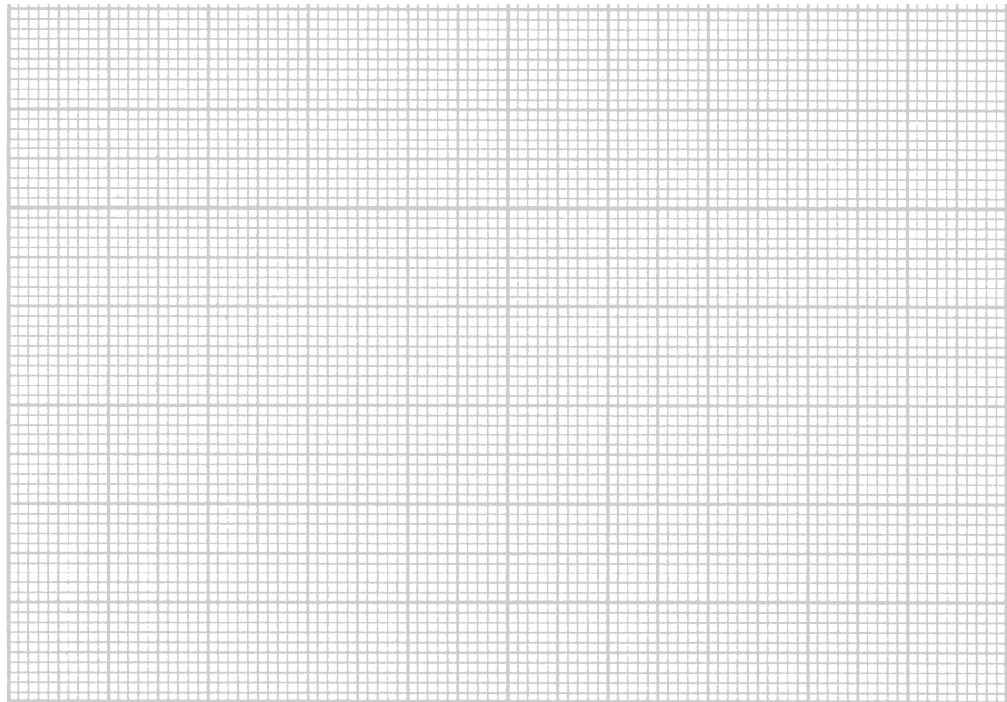


Figura N-2. Curva del comportamiento del termistor

Conecte el sensor de temperatura LM35DZ como se indica en la hoja de datos. Luego caliente nuevamente agua e introduzca el sensor. Obtenga 10 mediciones de temperatura y el voltaje correspondiente.

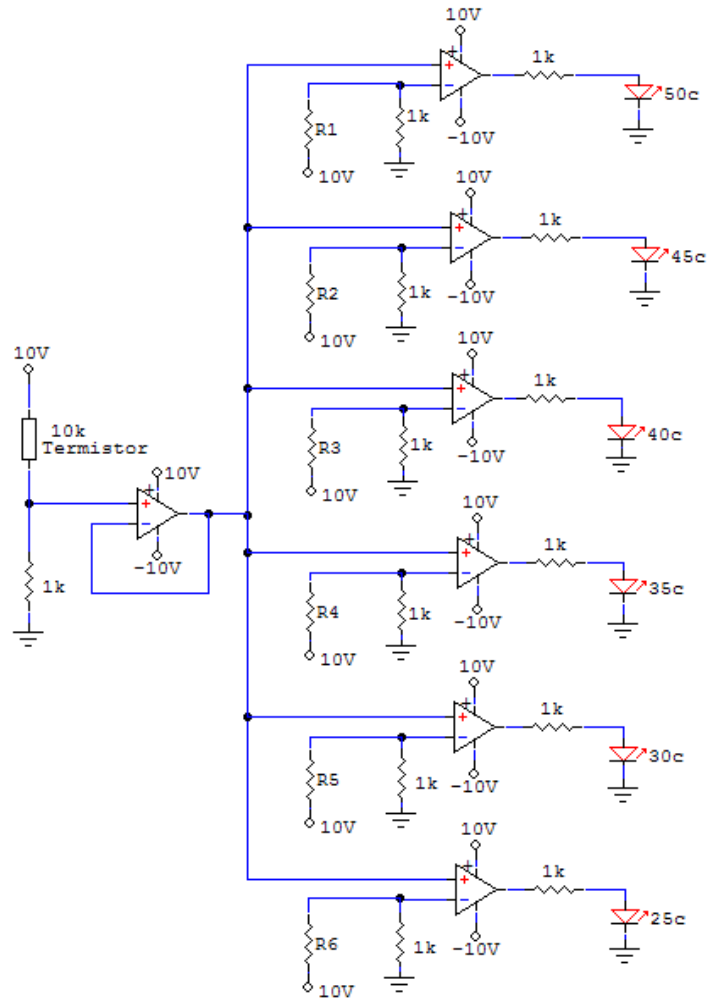


Figura N-5. Circuito escalonado indicador de temperatura

O. GUÍA DE LABORATORIO: TIMER 555

El objetivo de esta guía de laboratorio es que el alumno utilice y conozca el funcionamiento del integrado timer 555. Como práctica de laboratorio se presenta un circuito con configuración de vibrador monoestable.

1. Objetivos

- Conocer el funcionamiento de un timer 555.
- Conocer las configuraciones astable y monoestable.
- Aplicar la configuración monoestable como temporizador.
- Controlar un circuito AC por medio de un temporizador.

2. Fundamentos teóricos

a. Timer 555. El temporizador 555 fue introducido al mercado en el año 1971, por la empresa Signetics Corporation con el nombre: SE555/NE555 y fue llamado "The IC Time Machine", en ese momento era el único integrado de su tipo disponible. Este temporizador es tan versátil que se puede utilizar para modular una señal en Frecuencia (señal FM). Está constituido por una combinación de comparadores lineales, Flip-Flops, transistor de descarga y exitador de salida. En el gráfico se muestra el número de patilla con su correspondiente función.

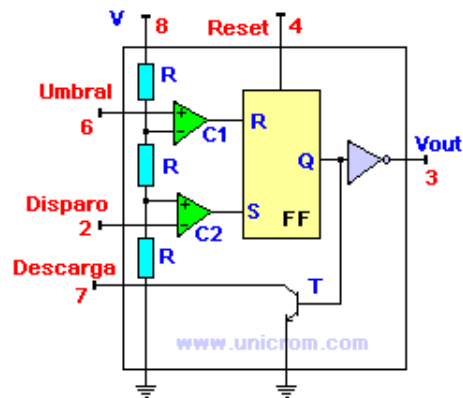


Figura O-1. Circuito equivalente al timer 555

Las tensiones de referencia de los comparadores se establecen en $2/3 V$ para el primer comparador C1 y en $1/3 V$ para el segundo comparador C2, por medio del divisor de tensión compuesto por 3 resistencias R, iguales.

En estos días se fabrica una versión CMOS del 555 original, como el Motorola MC1455, que es muy popular hoy en día. Pero la versión original sigue produciéndose con mejoras y algunas variaciones a sus circuitos internos. Hay un circuito integrado de se compone de dos temporizadores en una misma unidad, el 556.

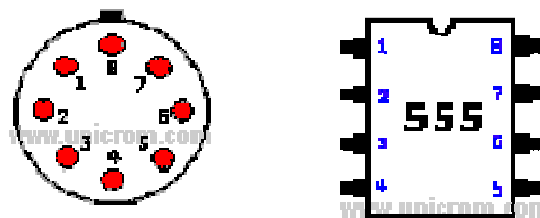


Figura O-2. Descripción de las patillas o pines del temporizador 555

1) Tierra o masa.

2) Disparo. En este pin se establece el inicio del periodo. Este proceso de disparo ocurre cuando el voltaje en este pin, se encuentra por debajo del nivel de $1/3$ del voltaje de alimentación. Este pulso debe ser de corta duración, pues si se mantiene bajo por mucho tiempo la salida se quedará en alto hasta que la entrada de disparo rebase el nivel requerido.

3) Salida. Con la salida es alta, el voltaje será el voltaje de aplicación (V_{cc}) menos 1.7 Voltios. Esta salida se puede obligar a estar en casi 0 voltios con la ayuda del pin 4.

4) Reset. Si se pone a un nivel por debajo de 0.7 Voltios, pone el voltaje de salida a nivel bajo. Si por algún motivo este pin no se utiliza, hay que conectarlo a V_{cc} para evitar que el timer 555 se reinicie.

5) Control de voltaje. Cuando el temporizador se utiliza en el modo de controlador de voltaje, es posible modificar los tiempos en que el pin de salida esta en alto o en bajo, independiente del diseño establecido por las resistencias y condensadores conectados externamente al 555. El voltaje aplicado en este pin, puede variar entre un 45 y un 90 % de V_{cc} en la configuración monostable. Cuando se utiliza la configuración astable, el voltaje puede variar desde 1.7 voltios hasta V_{cc} . Modificando el voltaje en este pin en la configuración astable, causará que la frecuencia original del astable, sea modulada en frecuencia (FM). Si esta patilla no se utiliza, se recomienda ponerle un condensador de 0.01 μ F para evitar las interferencias.

6) Umbral. Es una entrada a un comparador interno, se utiliza para poner el pin de salida a nivel bajo bajo.

7) Descarga. Utilizado para descargar con efectividad el condensador externo utilizado por el temporizador para su funcionamiento.

V_{+} : es el pin donde se conecta el voltaje de alimentación que va de 4.5 voltios hasta 16 voltios.

El temporizador 555 se puede conectar para que funcione de diferentes maneras, entre las más importantes están: como multivibrador astable y como multivibrador monoestable.

b. Multivibrador astable. Este tipo de funcionamiento se caracteriza por una salida con forma de onda cuadrada continua de ancho predefinido por el diseñador del circuito. La señal de salida tiene un nivel alto por un tiempo T_a y en un nivel bajo un tiempo T_b . Los tiempos de duración dependen de los valores de R_1 y R_2 .

$$T_a = 0.693(R_1 + R_2)C_1$$

$$T_b = 0.693 R_2 C_1 \text{ (en segundos)}$$

La frecuencia con que la señal de salida oscila está dada por la fórmula:

$$f = 1 / [0.693 \times C_1 \times (R_1 + 2 \times R_2)]$$

Hay que recordar que el período es el tiempo que dura la señal hasta que ésta se vuelve a repetir ($T_b + T_a$).

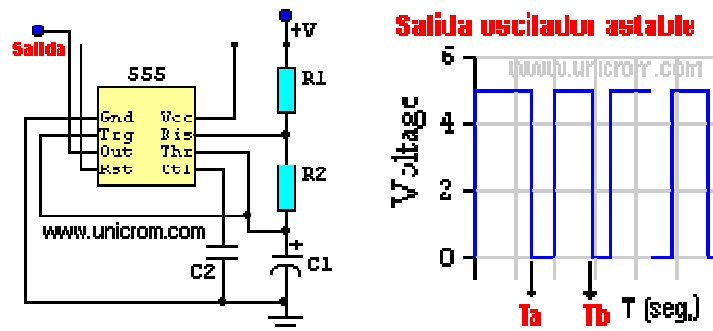


Figura O-3. Comportamiento del timer 555 como astable

c. Multivibrador monostable. En este caso el circuito entrega a su salida un solo pulso de un ancho establecido por el diseñador. La fórmula para calcular el tiempo de duración en que la salida está en alto es:

$$T = 1.1 \times R_1 \times C_1 \text{ (en segundos).}$$

Observar que es necesario que la señal de disparo, sea de nivel bajo y de muy corta duración para iniciar la señal de salida.

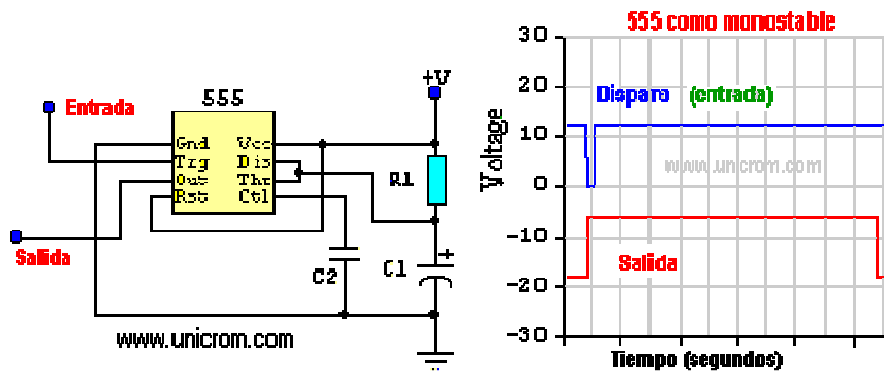


Figura O-4. Comportamiento del timer 555 como monoestable

3. Laboratorio

Cuadro O-1. Materiales para la guía del timer 555

Cantidad	Descripción
1	Resistencia de 10k Ω
1	Potenciómetro de 10k Ω
1	Capacitor 10n F
1	Capacitor 1u F
1	Capacitor 10u F
1	Capacitor 100u F
1	Push button
2	Diodo 1N4001
1	Timer 555
1	Relé para 110 de 12V
1	Lámpara de 100V

Construya el circuito que aparece en la siguiente figura. Al presionar el push boton el circuito del timer 555 generara un pulso monoestable que energizará el relé con lo cual se encenderá la bombilla AC. Este circuito es conocido como Time Delay Relay, utilizado para encender por un tiempo limita algún recurso, como lo es la iluminación.

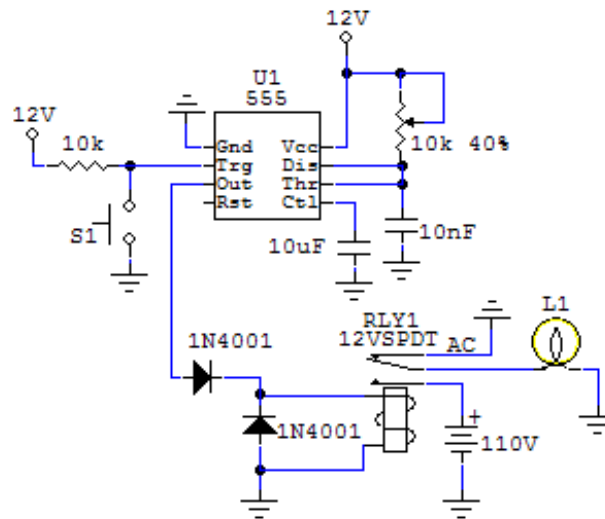


Figura O-5. Circuito de iluminación cronometrada

P. GUÍA DE LABORATORIO: TOROIDE

El objetivo de esta guía de laboratorio es que el alumno utilice y conozca el funcionamiento de un toroide.

1. Objetivos

- Se desea que el alumno observe el fenómeno de histéresis y la transición de fase magnética de los materiales ferro magnéticos al pasar por la temperatura de Curie.
- Que amplíe sus conocimientos en referencia a campos magnéticos inducidos.

2. Fundamentos teóricos

a. El toroide. Se debe aplicar la ley de Ampere para determinar el campo producido por un toroide de radio medio R. Si se toma un solenoide, se curva y pegando sus extremos se obtiene un anillo o toroide.

Las líneas de campo magnético que en el solenoide son segmentos rectos, se transforman en circunferencias concéntricas en el solenoide. El campo magnético es tangente en cada punto a dichas circunferencias. El sentido de dicho campo viene determinado por la regla de la mano derecha.

Se elige como camino cerrado una circunferencia de radio r, cuyo centro está en el eje del toroide, y situada en su plano meridiano.

- El campo magnético B es tangente a la circunferencia de radio r.
- El campo magnético B tiene el mismo módulo en todos los puntos de dicha circunferencia.

La circulación el primer miembro de la ley de Ampere) es igual a:

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \int B \cdot dl \cos 0^\circ = B \int dl = B \cdot 2 \pi r$$

Para calcular la intensidad de campo magnético que atraviesa la circunferencia de radio r, se analizan los tres casos siguientes.

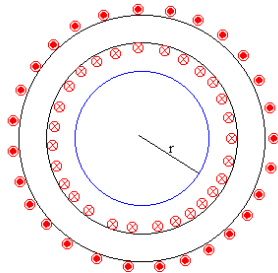


Figura P-1. Campo magnético en el toroide

1) Fuera del toroide ($r < R$). Como vemos en la figura, la intensidad que atraviesa la circunferencia de radio r (en color azul) es cero. Aplicando la ley de Ampère

$$B \cdot 2\pi r = \mu_0 \cdot 0$$

$$B = 0$$

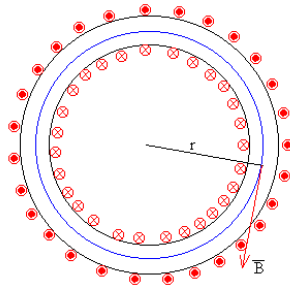


Figura P-2. Campo magnético dentro del toroide

2) Dentro del toroide. Cada espira del toroide atraviesa una vez el camino cerrado (la circunferencia de color azul de la figura) la intensidad será Ni , siendo N el número de espiras e i la intensidad que circula por cada espira.

$$B \cdot 2\pi r = \mu_0 Ni$$

$$B = \frac{\mu_0 Ni}{2\pi r}$$

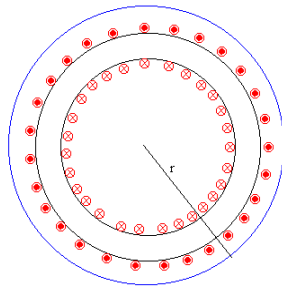


Figura P-3. Campo magnético fuera del toroide

3) Fuera del toroide ($r > R$). Cada espira del toroide atraviesa dos veces el camino cerrado (circunferencia de color azul de la figura) transportando intensidades de sentidos opuestos.

La intensidad neta es $Ni - Ni = 0$, y $B = 0$ en todos los puntos del camino cerrado.

b. Materiales ferro magnéticos y la temperatura de Curie. Los materiales ferro magnéticos presentan, a temperaturas menores de la temperatura de Curie, T_c , una estructura de dominios magnéticos, que son pequeñas regiones del material dentro de las cuales existe una magnetización espontánea, M_s . En ausencia de campo magnético externo, estos dominios tienen, en general, orientaciones al azar, cancelándose los efectos magnéticos microscópicos (que minimiza la energía asociada al campo magnético).

En presencia de campos magnéticos externos, los dominios se orientan en la dirección del campo aplicado y también cambian sus tamaños. Si se remueve el campo, los dominios no vuelven a sus estados originales, lo que da origen al fenómeno de histéresis en este tipo de material. Por otro lado, el valor de M_s

cambia con la temperatura, anulándose para $T > T_c$. Para $T < T_c$, M_s tiene un comportamiento en función de la temperatura que puede modelarse como:

$$M_s(T) \propto [T - T_c]^\beta, \text{ donde } \beta \approx 0.3 - 0.4$$

3. Pre-Laboratorio. Debe conseguir una ferrita y hacer dos embobinados de 100 vueltas en una mitad y 200 vueltas en la otra. El alambre debe ser esmaltado de 0.2-0.3 mm de diámetro. Las dimensiones para el toroide son de 5cm de diámetro.

4. Laboratorio

Cuadro P-1. Materiales para la guía del toroide

Cantidad	Descripción
1	Resistencia de 50 k Ω
1	Potenciómetro 10 k Ω
1	Capacitor 10 μ F
1	Toroide (Pre-Laboratorio)
1	Termo copla o termómetro
1	Estufa
1	Beaker
	Fuente de voltaje
	Multímetro

Construir el siguiente circuito. Se recomienda que para R_1 se calibre en 22 Ω o 33 Ω . Sin embargo se debe considerar que pueda disipar la potencia requerida.

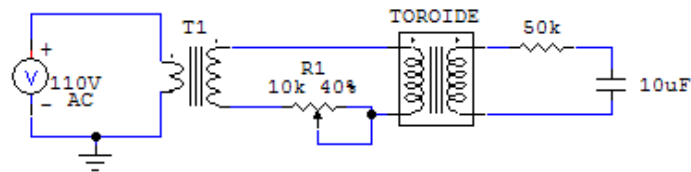


Figura P-4. Circuito práctico con toroide

Al aplicar un voltaje en el embobinado primario, en el secundario se induce una fem, para N_2 número de vueltas en el embobinado secundario y un flujo de campo magnético Φ_B , que según la ley de Faraday

es:

$$\mathcal{E} = -N_2 \frac{d\Phi_B}{dt}$$

Entonces si mide el potencial en el potenciómetro, la corriente es proporcional al valor del campo magnético inducido H. Ahora para obtener el valor del campo inducido en el embobinado secundario, lo

más sencillo es usar un integrador (RC) con una constante de tiempo $\tau \gg \frac{1}{\omega}$.

Si $\tau > \frac{2\pi}{f}$ y $\omega = 2\pi f$ comprobar si para los valores de resistencia y capacitor del filtro se cumple la desigualdad, si no acomodar los valores a unos adecuados.

$$\text{_____} = \text{_____} \gg \text{_____} = \text{_____}$$

Cuadro P-2. Mediciones de potencial sobre el circuito con toroide

TEMPERATURA	EJE VERTICAL (v)	EJE HORIZONTAL (0.5s)
°C		
°C	v+	
	v-	
°C	v-	
	v-	
°C	v+	
	v-	

Para poder observar la curva de histéresis se debe de colocar el voltaje en la resistencia y graficar en el osciloscopio, contra el voltaje en el capacitor del integrador.

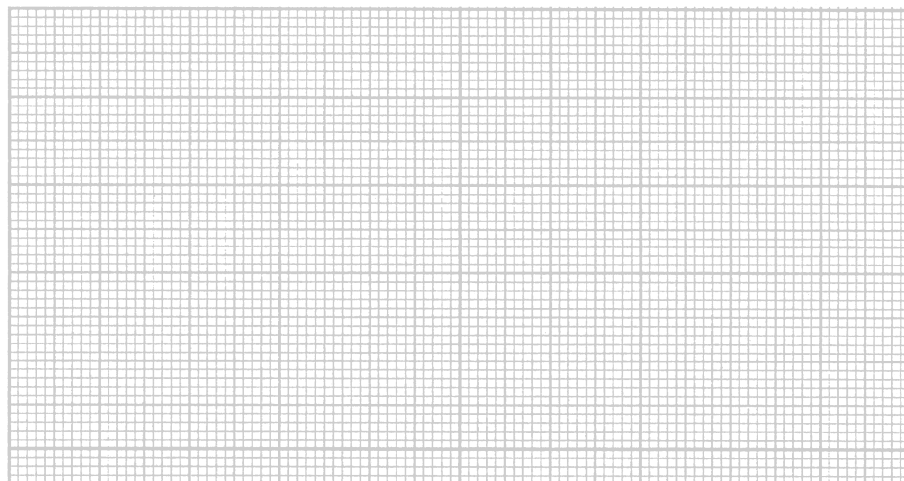


Figura P-5. Curva del comportamiento del toroide

Luego de observar la gráfica de histéresis a temperatura ambiente, debe calentar el toroide con ayuda del beaker y la estufa, hasta alcanzar una temperatura máxima. Luego conforme se enfríe el toroide y con ayuda del termo copla o el termómetro observar el comportamiento del toroide a diferentes temperaturas.

Q. GUÍA DE LABORATORIO: TRANSDUCTOR

El objetivo de esta guía de laboratorio es que el alumno utilice y conozca el funcionamiento de los transductores. Como práctica de laboratorio se presenta circuitos básicos que utilizan los transductores como sensores.

1. Objetivos

- Comprender el comportamiento de un transductor al estímulo percibido.
- Conocer los diferentes tipos de transductores que se puede encontrar en el mercado electrónico.
- Utilizar un micrófono electret como sensor acústico.

2. Fundamentos teóricos

a. **Transductor.** Es un dispositivo al que se aplica una energía de entrada y devuelve una energía de salida. Debido a la facilidad con la que se transmite y amplifica la energía eléctrica, los transductores más utilizados son los que convierten otras formas de energía, como calor, luz o sonido, en energía eléctrica. Algunos ejemplos son los micrófonos, que convierten la energía sonora en energía eléctrica; los materiales fotoeléctricos, que convierten la luz en electricidad, y los cristales piro eléctricos, que convierten calor en energía eléctrica.

b. **Micrófono.** Es un transductor acústico-mecánico-eléctrico, es decir, un dispositivo destinado a la conversión de ondas sonoras en energía mecánica y de mecánica en eléctrica. Es la puerta por donde pasa el sonido al interior de los aparatos para posibilitar su amplificación, su transmisión por medios telefónicos y radioeléctricos o para su tratamiento. Los primeros micrófonos en crearse fueron de carbón, pero la evolución tecnológica ha creado muy diversos tipos fundados en la corriente eléctrica generada por la variación de campo magnético o electrostático.

1) **Bobina móvil.** En este tipo de micrófono, se tiene una membrana cerca de un imán y soldada a una bobina móvil. Al moverse la membrana por algún sonido, también se moverá la bobina, lo que producirá un cambio del campo magnético a través de la bobina, que producirá una tensión inducida en la misma.

2) Cinta (o de velocidad). Consiste en una cinta metálica en zig-zag entre imanes, que a medida que la presión sonora la mueva producirá una tensión. La membrana es la cinta. Estos micrófonos también se les conocen como micrófonos de velocidad.

3) Condensador (de capacidad). Es una especie de condensador entre una placa fija y la membrana móvil (diafragma), alimentadas por una tensión. Una pila genera la tensión continua entre la placa y la membrana permitiendo el paso de electrones. Al llegar un sonido, la presión de éste desplaza la membrana móvil y la acerca a la fija por lo que existe un mayor flujo de electrones o menor según el movimiento.

Estas variaciones generarán una señal eléctrica. Como hay gran impedancia la longitud del cable para que se perciba bien debe ser muy corta por lo que se añade un amplificador. El amplificador es de baja impedancia (200 Ohm) y va dentro del micrófono.

4) Electret (de condensador). Existe un material móvil llamado electret o electreto (que es policarbonato fluorado o fluorocarbono), dicho material está polarizado (construido a 220° aplicándole unos 4000 v.). Este material separa un material fijo de una fina lámina metálica y a causa de la vibración sonora varía el campo eléctrico creado, con lo que se produce una tensión o corriente eléctrica. A las placas no hay que alimentarlas, pero sí a un amplificador ya que la señal resultante es muy débil.

5) Carbón. Es uno de los micrófonos más antiguos. Consiste en un compartimiento cerrado con partículas de carbón (antracita y grafito) en su interior y como tapa una placa metálica fina (diafragma). Se coloca una fuente de tensión, actuando como bornes, el compartimiento de hierro y el diafragma.

Al llegarle una onda sonora a la placa, ésta empuja a las partículas de carbón que se desordenan provocando una variación de resistencia y por tanto una variación de la corriente que lo atraviesa, reflejo de la presión sonora. Durante mucho tiempo se utilizó en los teléfonos por lo baratos que son y la respuesta en frecuencia es idónea para la voz humana en aplicaciones de telefonía.

6) Cristal. Formado por dos placas de cristal de cuarzo que cuando actúa una onda sonora hace que se doblen y generen tensión.

7) Cerámico. Similares en funcionamiento a los de cristal, pero, en este caso, se utilizan piezas cerámicas.

3. Laboratorio

Cuadro Q-1. Materiales para la guía del transductor

Cantidad	Descripción
1	Resistencia de 330 Ω
1	Resistencia de 560 Ω
1	Resistencia de 1 k Ω
1	Resistencia de 2.2 k Ω
1	Resistencia de 5.6 k Ω
1	Resistencia de 10 k Ω
2	Resistencia de 22 k Ω
1	Resistencia de 33 k Ω
3	Potenciómetro 56 k Ω
1	Resistencia de 100 k Ω
1	Capacitor 100 nF
1	Capacitor 10 μ F
1	Capacitor 47 μ F
1	Capacitor 470 μ F
1	LM358
1	BC327
1	Led
1	Mini micrófono electret
1	Switch de tres estados
1	Switch de dos estados
	Fuente de voltaje

NOTA: Si no encontrara un switch de tres estados, puede sustituir ambos switches por un DIP Switch.

Construir el siguiente circuito sensible al ruido. Los tres botones indican el nivel de intensidad de ruido permitida. Para la tolerancia de más sonido cambiar presionar o cerrar el circuito con otro botón. Cuando se rebase el límite de sonido se prendera el led.

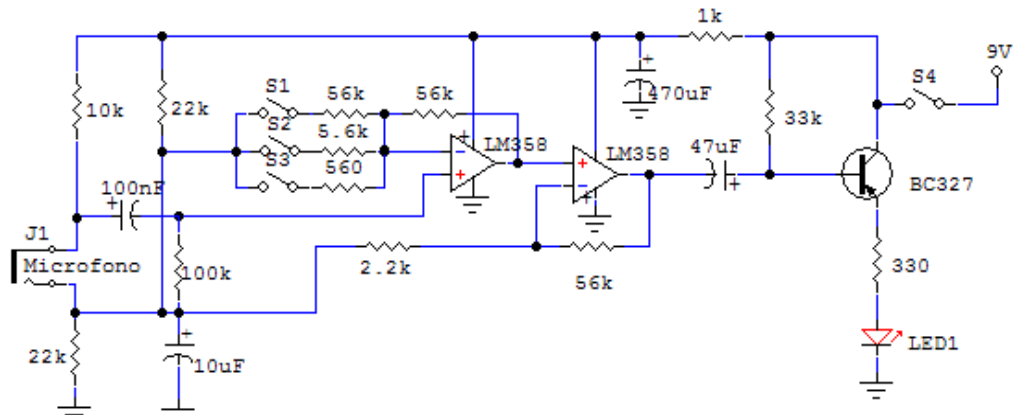


Figura Q-1. Circuito sensor de ruido

R. GUÍA DE LABORATORIO: TRANSFORMADOR

El objetivo de esta guía de laboratorio es que el alumno utilice y conozca el funcionamiento de los transformadores. Como práctica de laboratorio se presenta circuitos aplicados que ayudan a la manipulación de voltaje AC y DC.

1. Objetivos

- Repasar el concepto de inductancia mutua.
- Conocer la estructura de un transformador.
- Comprender la relación que existe entre los bobinados y sus respectivos voltajes.
- Utilizar un transformador para generar un voltaje menor.
- Utilizar un transformador como amplificador de voltaje.

2. Fundamentos teóricos

a. **Inducción mutua.** Con frecuencia el flujo a través de un circuito varía con el tiempo como consecuencia de las corrientes variables que existen en circuitos cercanos. Se produce una fem inducida mediante un proceso que se denomina inducción mutua.

Para ilustrar este hecho, se supone que se tienen dos circuitos acoplados formados por una espira y un solenoide. Si el solenoide está formado de N espiras, con una longitud l y sección S , recorrido por una corriente de intensidad i_1 . Al circuito del solenoide se le denominará primario y secundario a la espira. El campo magnético creado por el solenoide se supone uniforme y paralelo a su eje, entonces su valor es:

$$B_1 = \frac{\mu_0 NI_1}{l}$$

Este campo atraviesa la sección de la espira, el flujo de dicho campo a través de la espira corresponde a:

$$\Phi_2 = \mathbf{B}_1 \cdot \mathbf{S} = \frac{\mu_0 NI_1 S}{l} i_1$$

NOTA: recordar que S es la sección del solenoide, no de la espira, ya que hemos supuesto que fuera del solenoide no hay campo magnético.

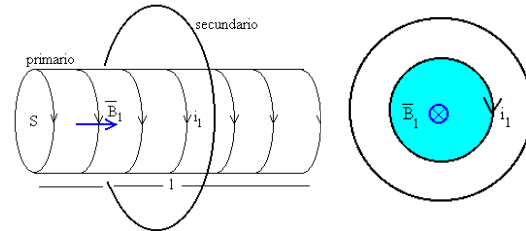


Figura R-1. Inductancia mutua

Se denomina coeficiente de inducción mutua M al cociente entre el flujo a través del circuito secundario Φ_2 y la intensidad en el circuito primario i_1 .

$$M = \frac{\Phi_2}{i_1} = \frac{\mu_0 NI_1 S}{l}$$

El coeficiente de autoinducción solamente depende de la geometría de los circuitos y de su posición relativa. La unidad de medida del coeficiente de inducción mutua se llama henry, abreviadamente H, en honor a Joseph Henry.

b. El transformador. Hace más de un siglo que se inventó este dispositivo que ha hecho posible la distribución de energía eléctrica a todos los hogares, industrias, etc. Si no fuera por el transformador tendría que acortarse la distancia que separa a los generadores de electricidad de los consumidores.

El transformador lo encontramos en muchos lugares, en las lámparas de bajo consumo, cargadores de pilas, en sótanos de edificios, en las centrales hidroeléctricas y otros generadores de electricidad. Su tamaño puede variar desde muy pequeños a enormes transformadores que pueden pesar más de 500 Tm.

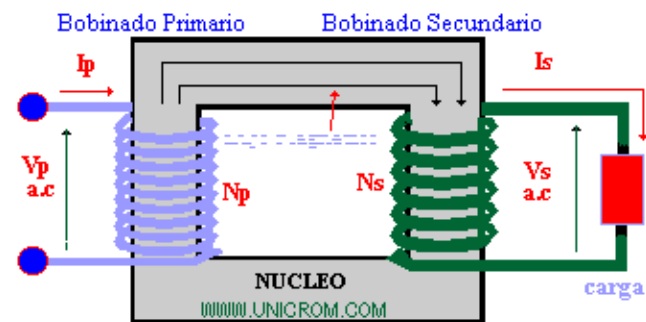


Figura R-2. Transformador de voltaje

En el transformador el bobinado primario y el bobinado secundario tienen el mismo núcleo de hierro que asegura que el flujo a través de cada espira sea el mismo. Sea ϕ el flujo del campo magnético a través de cada espira. Si la corriente en el bobinado primario i_1 varía con el tiempo, se produce una fem inducida V_2 en el bobinado secundario.

$$V_2 = -\frac{d\Phi_2}{dt} = -\frac{d(N_2\phi)}{dt} = -N_2 \frac{d\phi}{dt}$$

Si cambiamos los papeles de modo que el secundario pase a ser primario y viceversa:

$$V_1 = -\frac{d\Phi_1}{dt} = -\frac{d(N_1\phi)}{dt} = -N_1 \frac{d\phi}{dt}$$

Dividiendo ambas expresiones, obtenemos la relación de transformación:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

3. Laboratorio

Cuadro R-1. Materiales para la guía del transformador

Cantidad	Descripción
1	Resistencia de 4.7 kΩ
2	Resistencia de 10 kΩ
2	Resistencia de 100 kΩ
1	Capacitor de 0.1 μF
3	Capacitor de 1 μF
1	Capacitor de 2 μF
1	Capacitor de 2200 μF
2	Diodo 1N4001
3	Diodo 1N4004
1	Transistor 2N3904
1	Transistor 2N3906
1	OPAM LM741
1	Puente rectificador
1	Transformador de 110 a 6VAC
1	Espiga
1	Metro de alambre calibre 12

Construir el siguiente circuito. Comparar la señal de salida con la señal de entrada. Comprobar que es equivalente a la relación que existe entre las bobinas del inductor. En este circuito deseamos amplificar un voltaje dado.

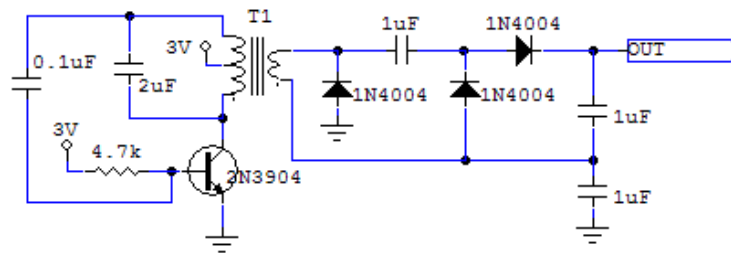


Figura R-3. Circuito amplificador de voltaje

Construir el siguiente circuito. Comprobar que se mantiene la relación establecida entre los bobinados del transformador. Este circuito es la representación del proceso típico de reducción que ocurre en las subestaciones para poder luego conectar los aparatos eléctricos que requieren de menor amplitud de voltaje.

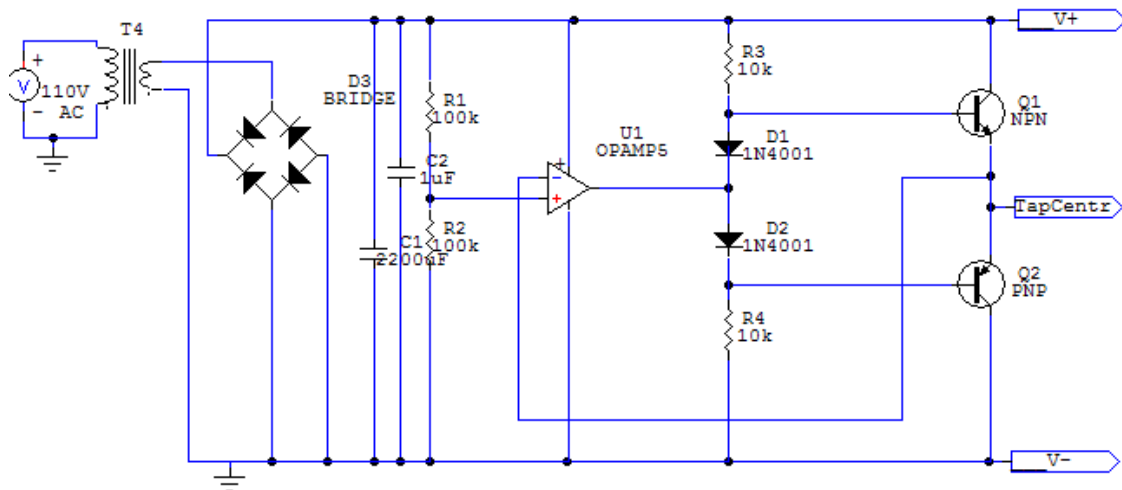


Figura R-4. Circuito transformador de voltaje AC a voltaje DC regulado

Observar que a pesar de que el transformador no cuenta con un tap central, podemos fácilmente obtener voltajes negativos y positivos.

S. GUÍA DE LABORATORIO: TRIACS

El objetivo de esta guía de laboratorio es que el alumno utilice y conozca el funcionamiento de los tiristores. En esta práctica se presenta el circuito controlador de velocidad de un motor.

1. Objetivos

- Conocer la estructura de un Triac.
- Aplicar el Triac como interface de un circuito de baja potencia y un circuito de potencia media.

2. Fundamentos teóricos

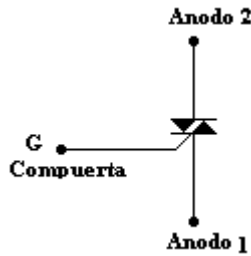


Figura S-1. Triac

a. Triacs. El Triac es un dispositivo semiconductor que pertenece a la familia de los dispositivos de control por tiristores. El Triac es la conexión de dos tiristores en paralelo, conectados en sentido opuesto y compartiendo la misma compuerta. El Triac sólo se utiliza en corriente alterna. El Triac puede ser disparado independientemente de la polarización de puerta, es decir, mediante una corriente de puerta positiva o negativa.

b. Construcción básica. La estructura contiene seis capas, aunque funciona siempre como un tiristor de cuatro capas. En sentido T2-T1 conduce a través de P1N1P2N2 y en sentido T1-T2 a través de P2N1P1N4. La capa N3 facilita el disparo con intensidad de puerta negativa. Los Triac son fabricados para funcionar a frecuencias bajas. Los Triacs fabricados para trabajar a frecuencias medias son denominados alternistores.

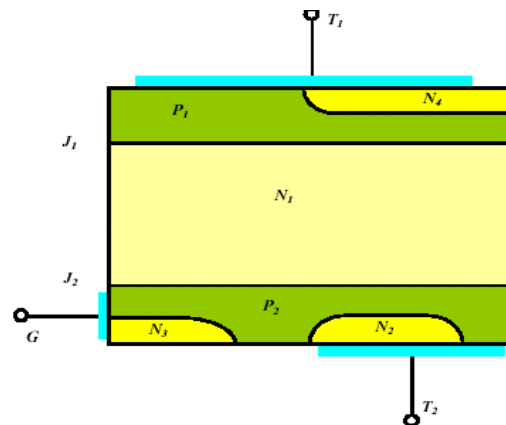


Figura S-2. Composición del Triac

El Triac actúa como dos rectificadores controlados de silicio (SCR) en paralelo, este dispositivo es equivalente a dos latches:

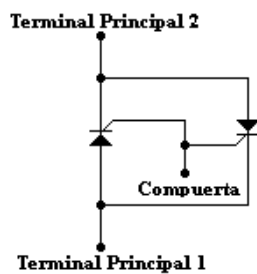


Figura S-3. Circuito equivalente al Triac

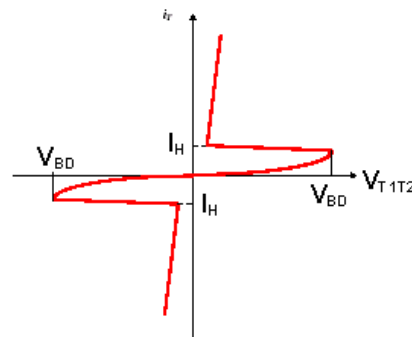


Figura S-4. Gráfica del comportamiento del Triac

El punto VBD (tensión de ruptura) es el punto por el cual el dispositivo pasa de una resistencia alta a una resistencia baja y la corriente, a través del Triac, crece con un pequeño cambio en la tensión entre los ánodos. El Triac permanece en estado de conducción, hasta que la corriente disminuye por debajo de la corriente de mantenimiento IH. Esto se realiza por medio de la disminución de la tensión de la fuente. Como puede notarse este componente se comporta simétricamente con voltajes negativos y positivos.

c. Métodos de disparo. Como se menciona anteriormente, el Triac posee dos ánodos denominados, MT1 y MT2, y una compuerta G. La polaridad de la compuerta G y la polaridad del ánodo 2, se miden con respecto al ánodo 1. El Triac puede ser disparado mediante la aplicación entre los terminales de compuerta G y MT1 de un impulso positivo o negativo.

3. Laboratorio.

Cuadro S-1. Materiales para la guía de Triacs

Cantidad	Descripción
2	Resistencia de 100 Ω 1 W
1	Resistencia de 470 Ω
1	Resistencia de 1k Ω ½ W
2	Potenciómetro de 10 k Ω
1	Capacitor de 10 nF
1	Capacitor de 100 nF
1	Capacitor de 1 μ F
1	Capacitor de 1000 μ F
2	Diodo 1N4001
1	LM358
1	Transformador de 110V a 6V
1	MOC3011
1	Triac MAC218-6
1	Triac ECG5605
1	Diac DB3
1	Motor AC
1	Timer 555
1	Lámpara de 110 V
	Punta de osciloscopio

Construir el siguiente circuito. Para este controlador es necesario sincronizar las señales, por medio de un detector de paso por cero. Por lo tanto, cuando la señal de 110V pasa por cero se genera un pulso en el LM358 el cual activa el timer 555. Al activarse el temporizador genera la Señal PWM la cual dispara el Triac. Con ayuda de la punta de osciloscopio, ver la salida del timer 555.

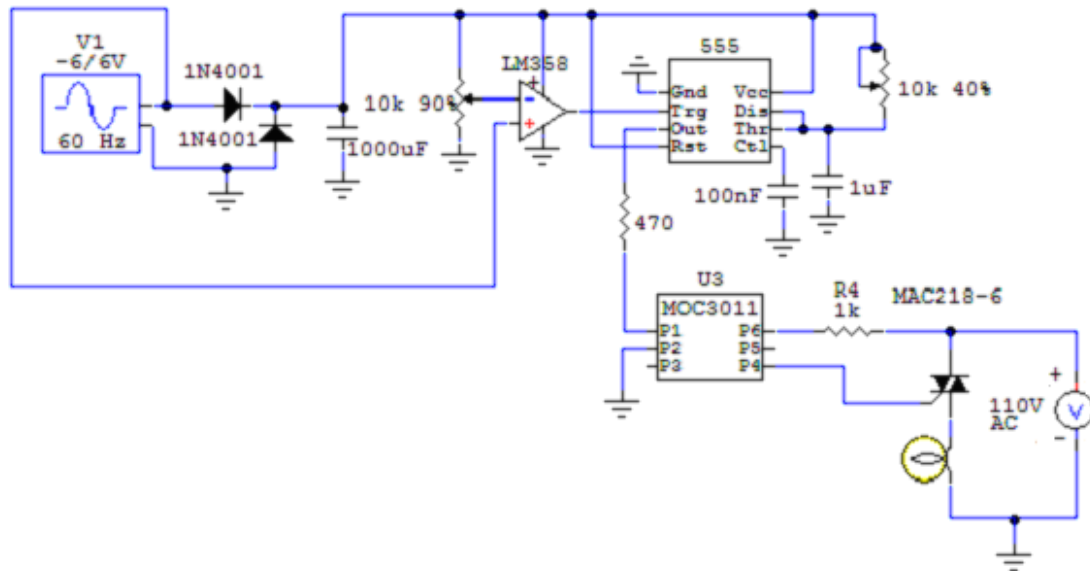


Figura S-5. Control de intensidad con Triac

Construir el circuito que se observa en la siguiente figura. Este circuito corresponde a un controlador de potencia para un motor AC. Dicho circuito poseen un desfasador de frecuencia constituido por el capacitor de 10nF y el potenciómetro. Al variar el potenciómetro se varía el desfase.

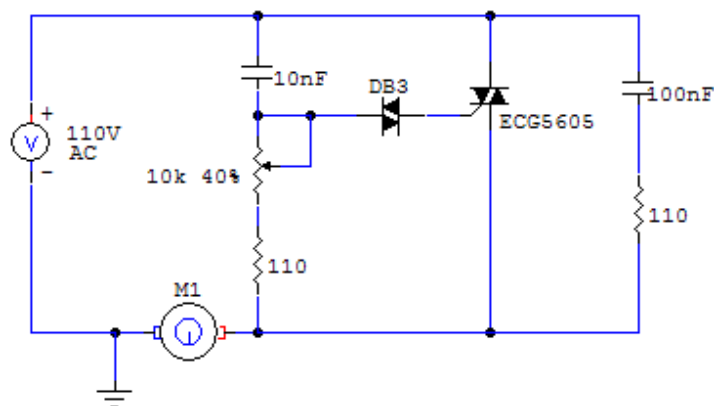


Figura S-6. Control de velocidad con Triac

T. GUÍA DE LABORATORIO: TRIFÁSICOS

El objetivo de esta guía de laboratorio es que el alumno conozca una sub estación de distribución eléctrica, en la cual pueda identificar los componentes y sus características.

1. Objetivos

- Conocer la sub estación de la Universidad del Valle de Guatemala.
- Conocer los componentes eléctricos principales que son necesarios en una sub estación eléctrica.
- Interpretar y monitorear los parámetros de medición necesarios para corroborar un buen funcionamiento.
- Comprender en qué consta un sistema trifásico.
- Comprobar las características de un sistema trifásico balanceado.

2. Fundamentos teóricos

a. Circuitos trifásicos. Nikola Tesla, un inventor Serbio-Americano fue quien descubrió el principio del campo magnético rotatorio en 1882, el cual es la base de la maquinaria de corriente alterna. Él inventó el sistema de motores y generadores de corriente alterna polifásica que da energía al planeta. En Mayo de 1885, George Westinghouse, cabeza de la compañía de electricidad Westinhouse compró las patentes del sistema polifásico de generadores, transformadores y motores de corriente alterna de Tesla.

En octubre de 1893 la comisión de las cataratas del Niágara otorgó a Westinghouse un contrato para construir la planta generadora en las cataratas, la cual sería alimentada por los primeros dos de diez generadores que Tesla diseñó. General Electric registró algunas de las patentes de Tesla y recibió un contrato para construir 22 millas de líneas de transmisión hasta Buffalo. Para este proyecto se utilizó el sistema polifásico de Tesla. Los primeros tres generadores de corriente alterna en el Niágara fueron puestos en marcha el 16 de noviembre de 1896.

b. Voltajes trifásicos balanceados. Si se rota un campo magnético a través de una bobina entonces se produce un voltaje monofásico. En cambio, al colocar tres bobinas separadas por ángulos de 120° se estarán produciendo tres voltajes con una diferencia de fase de 120° cada uno. Para que los tres voltajes de un sistema trifásico estén balanceados deberán tener amplitudes y frecuencias idénticas. En un sistema trifásico balanceado la suma de los voltajes es igual a cero:

$$V_a + V_b + V_c = 0$$

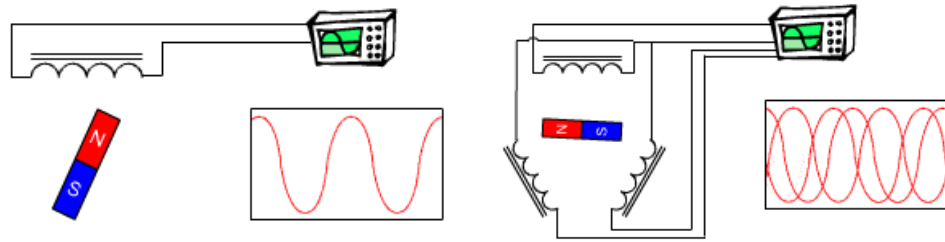


Figura T-1. Transformador trifásico

c. Voltajes de fase. Cada bobina del generador puede ser representada como una fuente de voltaje senoidal. Para identificar a cada voltaje se les da el nombre de voltaje de la fase a, fase b y fase c.

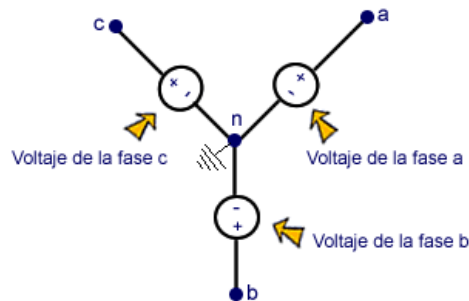


Figura T-2. Voltajes de fase

Normalmente los generadores trifásicos están conectados en Y para así tener un punto neutro en común a los tres voltajes. Raramente se conectan en delta los voltajes del generador, ya que en conexión delta, los voltajes no están perfectamente balanceados provocando un voltaje neto entre ellos y en consecuencia una corriente circulando en la delta.

d. Relación entre los voltajes de línea y de carga. Las siguientes gráficas denotan la relación entre los voltajes en las líneas y las cargas del sistema trifásico.

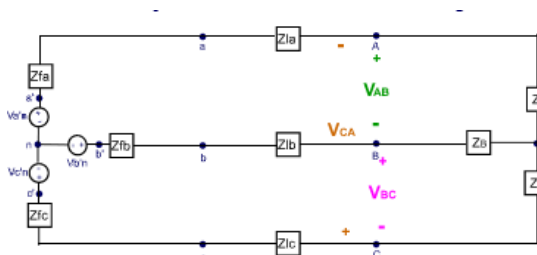


Figura T-3. Voltajes de línea a línea del lado de la carga

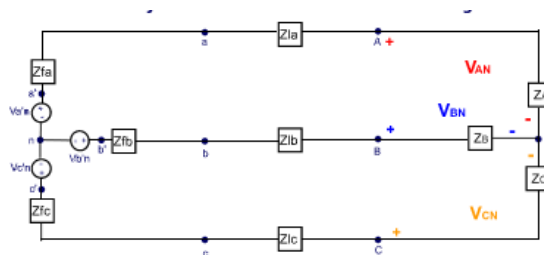


Figura T-4. Voltajes de línea a neutro del lado de la carga

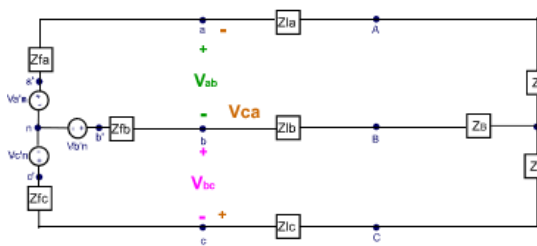


Figura T-5. Voltajes de línea a línea del lado de la fuente

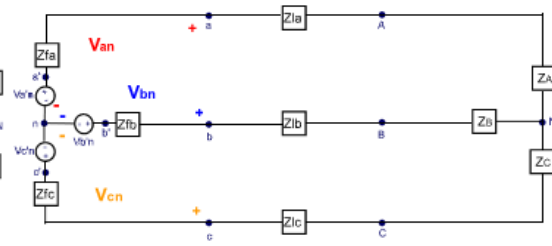


Figura T-6. Voltajes de línea a neutro del lado de la fuente

Las siguientes fórmulas denotan las relaciones matemáticas entre los voltajes de líneas y cargas nombrados en las gráficas anteriores:

$$\begin{aligned} \bar{V}_{AB} &= \sqrt{3}V_{\theta} \angle 30^{\circ} \\ &= \bar{V}_{AN}(\sqrt{3} \angle 30^{\circ}) \\ \bar{V}_{BC} &= \sqrt{3}V_{\theta} \angle -90^{\circ} \\ &= \bar{V}_{AN}(\sqrt{3} \angle -90^{\circ}) \\ \bar{V}_{CA} &= \sqrt{3}V_{\theta} \angle 150^{\circ} \\ &= \bar{V}_{AN}(\sqrt{3} \angle 150^{\circ}) \end{aligned}$$

Las fórmulas para relacionar los voltajes de línea a línea, con los de línea a neutro del lado de la fuente, son las mismas pero substituyendo cada voltaje de línea a línea de la carga, por cada voltaje de línea a línea de la fuente; y los voltajes de línea a neutro de la carga por los voltajes de línea a neutro de la fuente.

e. Relación entre las cargas en configuración Delta o Y

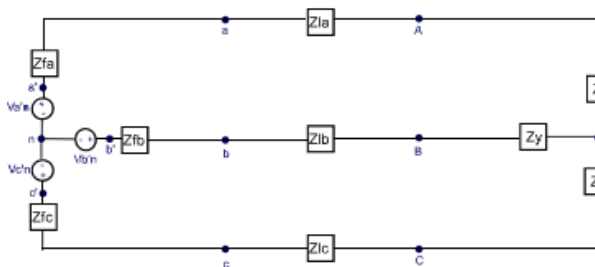


Figura T-7. Circuito trifásico con fuente y carga configuración Y

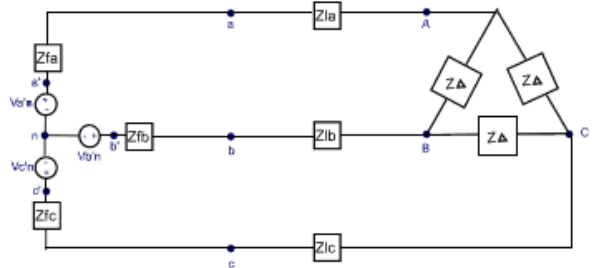


Figura T-8. Circuito trifásico con fuente configuración Y y carga configuración Δ

Si el circuito trifásico tiene la carga balanceada, es decir, todas las impedancias de la carga son exactamente iguales, entonces se puede obtener la impedancia equivalente para cada una de las ramas de la Y con la fórmula:

$$Z_y = \frac{Z_{\Delta}}{3}$$

f. Relación entre las corrientes de línea y la de cargas. A continuación se muestra cuales son las corrientes de línea y las corrientes de fase para una carga en forma de delta:

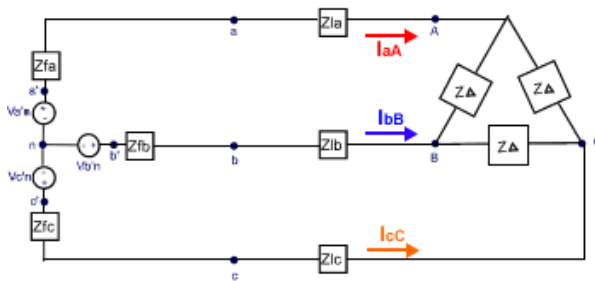


Figura T-9. Corrientes en línea

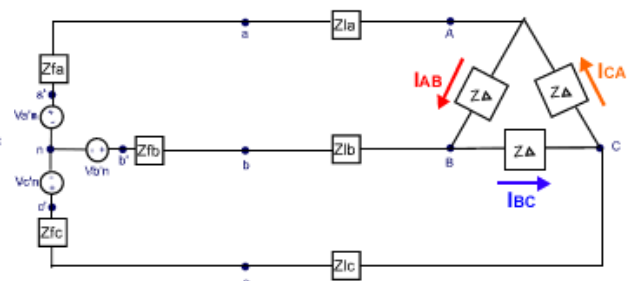


Figura T-10. Corrientes de fase

Una vez que se tiene esta corriente de línea es posible saber con base a esta, cuánto vale la corriente en cada una de las ramas de la delta y, por lo tanto, se da respuesta al problema inicial.

Observando las figuras puede notar lo siguiente:

- La corriente en cada brazo de la delta es la corriente de fase
- El voltaje en cada brazo de la delta es el voltaje de fase.
- El voltaje de fase es igual al voltaje de línea.

En un circuito trifásico con secuencia de fase positiva en donde I_{θ} es la magnitud de la corriente de fase y la corriente de fase AB es la corriente de referencia, las fórmulas para obtener las corrientes de línea a partir de las corrientes de fase son:

$$\begin{aligned}\bar{I}_{aA} &= \bar{I}_{AB} (\sqrt{3} \angle -30^\circ) \\ \bar{I}_{bB} &= \bar{I}_{AB} (\sqrt{3} \angle -150^\circ) \\ \bar{I}_{cC} &= \bar{I}_{AB} (\sqrt{3} \angle 90^\circ)\end{aligned}$$

3. Pre-Laboratorio. Investigar cómo se miden voltajes y amperajes mayores de 1000 V y corrientes mayores a 10A. ¿Qué instrumento se utiliza como accesorio en los multímetros industriales y cómo se relaciona con la inducción magnética?

4. Laboratorio

Cuadro T-1. Materiales para la guía de circuitos trifásicos

Cantidad	Descripción
1	Amperímetro de gancho

NOTA. Solicitar a los técnicos de departamento de mantenimiento ayuda para realizar las mediciones.

Visitar la subestación que se encuentra en el edificio F. Medir los siguientes parámetros con ayuda del amperímetro de gancho y completar la siguiente tabla (los valores que puede leer son los voltajes promedio).

Cuadro T-2. Medición de los parámetros de la sub estación UVG

LÍNEA	VOLTAJE	AMPERAJE	POTENCIA
A			
B			
C			

El sistema, ¿Está balanceado?_____ ¿Por qué?_____

¿Qué voltaje alimenta el transformador que proviene de la distribución de red eléctrica externa?

¿Por qué es mayor al voltaje utilizado en nuestros aparatos eléctricos?_____

¿Qué tipo de configuración es la que se utiliza en la red eléctrica de la sub estación? _____

¿Por qué la potencia está dada en KVARs? _____

¿Deben estar unidas la líneas de neutro, de la sub estación con la línea de neutro de la red eléctrica de alimentación externa? _____ ¿Por qué? _____

¿Cómo se polariza un circuito Trifásico? _____

¿Cómo se polariza un circuito monofásico? _____

¿Puede haber corriente en la tierra física? _____ ¿Es correcto? _____ ¿Por qué? _____

¿Cómo se obtiene 120V del banco de transformadores? _____

¿Cómo se obtiene 210V del banco de transformadores? _____

¿En qué configuraciones pueden estar conectadas las cargas? _____

¿Cuáles son las ventajas de tener un sistema trifásico y no un monofásico? _____
