



#### Profesores

*Ing. Adriana Luna H.*  
*Ing. Jorge Leal G.*  
*Ing. Andrés Ramírez D.*  
*Ing. Juan Pablo A.*

## Guía de Laboratorio No. 5

### El Diodo y el Transistor Bipolar

## 1. Descripción

El presente documento da a los estudiantes una descripción y conceptos básicos para el manejo de diodos y transistores bipolares.

## 2. Objetivo

Familiarizar al estudiante con los dispositivos semiconductores a través la teoría y algunas prácticas básicas que le permitan entender su funcionamiento y conocer sus aplicaciones. Para esto se trabajará con dos dispositivos particulares que son el Diodo y el Transistor de Unión Bipolar (BJT).

## 3. Metodología

Se presentará inicialmente una pequeña referencia teórica sobre los materiales semiconductores. Luego se estudiarán cada uno de los dispositivos, ilustrando sus clases y la forma en que se interpreta su simbología. Finalmente se planteará una práctica de laboratorio con cada uno de ellos.

## 4. Marco Teórico

Hasta el momento en el curso se ha trabajado fundamentalmente con dos tipos de materiales : Aislantes (resistencias) y conductores (cables, alambres). Sin embargo, dentro del campo de la electrónica existe un tercer tipo de material: el *semiconductor*, con el cual es posible la fabricación de una gran variedad de dispositivos para el manejo de corrientes eléctricas, hasta el punto que podría ser considerado como el eje de la evolución de la electrónica.

A continuación se presentarán brevemente la forma en que se fabrican este tipo de materiales y componentes, y dos dispositivos semiconductores típicos: el Diodo y el Transistor de Unión Bipolar (BJT).

### 4.1. Materiales semiconductores

Los semiconductores son materiales cuya conductividad varía con la temperatura, pudiendo comportarse como conductores o como aislantes. Sin embargo, en la realidad se desea controlar esta variación mediante mecanismos eléctricos y no mediante la temperatura, para lo cual se introducen átomos de otros elementos (impurezas).

El material semiconductor más utilizado es el Silicio (Si), pero hay otros semiconductores como el Germanio (Ge) que también son usados en la fabricación de circuitos. El silicio está presente de manera natural en la arena por lo que se encuentra con abundancia en la naturaleza. Además, el Si presenta propiedades mecánicas y eléctricas buenas, su purificación es relativamente sencilla (llegándose a Si puro del 99,99999 %) y se presta fácilmente a ser oxidado para formar  $\text{SiO}_2$ , que es un aislante que utilizan los transistores de la tecnología CMOS.

Existen dos tipos de impurezas que se añaden al material semiconductor “puro” para modificar sus propiedades: las tipo P y las tipo N. Al introducir estas impurezas se logra cambiar la conductividad del semiconductor y los portadores de carga mayoritarios y minoritarios en el material.

## 4.2. El Diodo Semiconductor

El diodo semiconductor es un dispositivo de dos terminales que permite el paso de la corriente en una sola dirección. Su funcionamiento se puede comparar con una puerta de “una sola vía” por donde sólo se puede entrar pero no salir.

Dos de los parámetros más importantes, por los cuales pueden ser clasificados los diodos, son el voltaje máximo que pueden soportar en inverso y la corriente máxima que puede circular a través de ellos. Por ejemplo, el diodo 1N4001 soporta una corriente de un Amperio y 100 Voltios en inverso entre sus terminales.

Los diodos tienen polaridad, es decir, funcionan de manera distinta según como sean conectados, a diferencia de las resistencias. Sus dos terminales reciben el nombre de ÁNODO(A) y CÁTODO(K). En un diodo comercial el cátodo se indica con una banda que rodea el encapsulado o con una forma especial, tal como se muestra en la Figura 1.

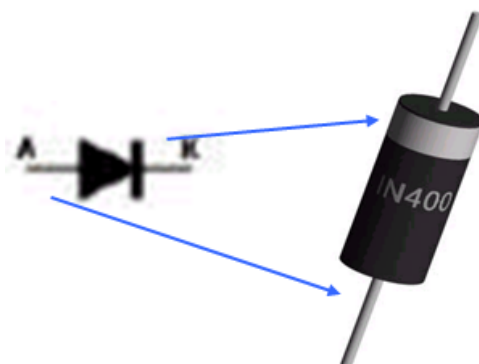


Figura 1: Símbolo del diodo de unión y su presentación comercial

Otra forma común de identificar cada uno de los terminales de un diodo es con la ayuda del multímetro en su función de medida de semiconductores. Para ello se sigue el siguiente procedimiento:

- Se ubica la perilla de selección de medida del multímetro frente al símbolo de diodo que aparece allí.
- Se toma el diodo que se quiere identificar y se colocan las puntas del equipo en cada una de sus terminales (tal como se hizo en clases anteriores con las resistencias).
- Se observa la medida entregada por el multímetro teniendo en cuenta lo siguiente:

- Si es un diodo de unión, deberá mostrar un valor finito o tendiendo a cero en el caso de que las puntas roja y negra del multímetro estén conectadas con el ánodo y el cátodo, respectivamente. En caso de haber ubicado las puntas de medición en sentido contrario, el multímetro indicará que la medida se sale del rango.
- Si es un led, éste deberá iluminar de forma tenue si se ha conectado de forma adecuada, es decir, la punta de color rojo en el ánodo y la de color negro en el cátodo (Polarización en directo).
- Si el multímetro indica siempre que la medida está fuera del rango (probando con las dos combinaciones posibles de las puntas en los extremos del diodo) significa que el diodo está averiado.

El diodo se compone de dos sustratos unidos entre sí del mismo semiconductor (Por ejemplo Silicio): uno que ha sido dopado con impurezas tipo N y otro con impurezas tipo P. El ánodo corresponde con el terminal conectado al material tipo P y el cátodo con el terminal conectado al material tipo N.

Si se polariza la unión PN en directo (voltaje positivo entre el ánodo y el cátodo) puede circular la corriente a través del dispositivo, pero si se hace con una polarización inversa (voltaje negativo entre el ánodo y el cátodo) entonces NO circulará corriente. Lo anterior se ilustra en la Figura 2.

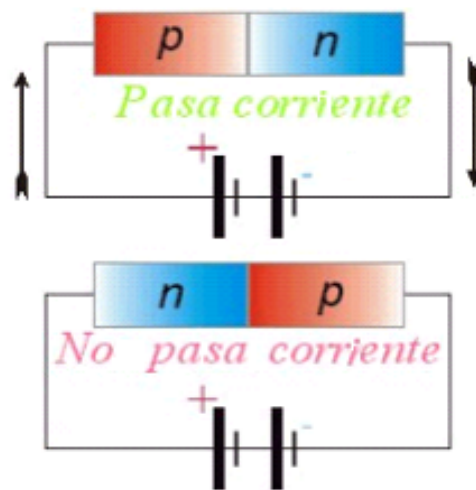


Figura 2: Diodo de unión y su conexión

Aunque en esta guía solo se tratarán los diodos de unión, cuya principal aplicación está en los circuitos que convierten corriente de AC a corriente de DC (rectificación), vale la pena resaltar que existen otros tipos de diodos para múltiples aplicaciones, como por ejemplo diodo varicap, el LED (light emitter diode), el Diodo Zener, entre otros. En la Figura 3 se muestra la simbología utilizada para los diferentes tipos de diodo.

#### 4.3. El Transistor de Unión Bipolar (BJT)

Con la invención del transistor y su utilización a escala masiva en todo tipo de aparatos electrónicos, se inició la gran evolución tecnológica en que nos encontramos actualmente. Esto debido a su pequeño tamaño,



## Diodos

	Diode rectificador *		Diode rectificador
	Diode rectificador		Diode zener
	Diode zener		Diode zener
	Diode zener		Diode zener *
	Diode varicap *		Diode varicap
	Diode varicap		Diode Gunn Impatt
	Diode supresor de tensión *		Diode supresor de tensión
	Diode de corriente constante		Diode de recuperación instantánea, Snap
	Diode túnel *		Diode túnel
	Diode rectificador túnel		Diode Schottky
	Diode Pin *		Diode Pin
	Fotodiodo		Diode LED
	Fotodiodo bidireccional NPN		Fotodiodo de dos segmentos cátodo común PNP
	Fotodiodo de dos segmentos cátodo común PNP		Diode sensible a la temperatura
	Puente rectificador		Puente rectificador *

Figura 3: Símbolos de los diferentes tipos de diodos

bajo consumo de corriente y gran cantidad de aplicaciones.

El transistor es un componente de tres terminales, hecho con base en semiconductores y que es utilizado principalmente para amplificar o aumentar las señales de amplitud o de corriente. Es usado también como interruptor electrónico. Sus terminales son llamadas EMISOR, BASE Y COLECTOR. De acuerdo con su fabricación un transistor puede ser de tipo PNP o NPN.

Según su aplicación se tienen varias referencias comerciales de transistores, entre las cuales se encuentran el 2N2222, 2N3055, 2SD845, 2N3904, etcétera. En la Figura 4 se muestran distintos encapsulados en los cuales es posible encontrar transistores bipolares.

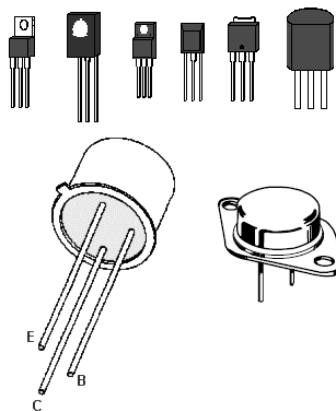


Figura 4: Diferentes presentaciones físicas del transistor bipolar

Como se mencionó antes, existen dos tipos de transistor bipolar: NPN y PNP, cuyo nombre viene dado por la forma como se han organizado los sustratos de material semiconductor para componer sus tres capas, tal como se muestra en la Figura 5.

La simbología, mostrada en la Figura 5, indica que el emisor se define por medio de una flecha, además indica el sentido de la corriente cuando se polariza en directo la unión base-emisor y en inverso la unión base-colector. El sentido de esta flecha es muy importante pues nos indica si el transistor es de tipo NPN (flecha saliendo) o tipo PNP (flecha entrando al dispositivo).

## 5. Procedimiento

### 5.1. Elementos Necesarios

- 4 transistores 2N2222
- 2 transistores 2N3906
- 1 circuito integrado CD4047
- 3 LEDs

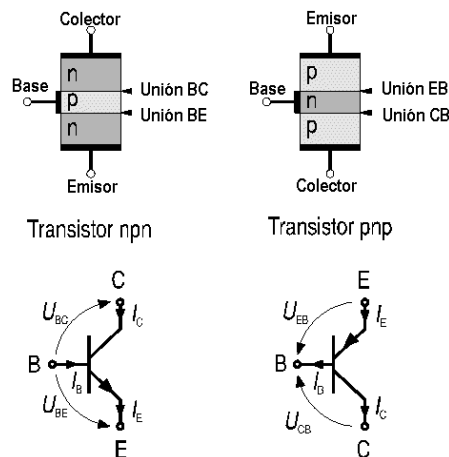


Figura 5: Clases y símbolos del transistor bipolar

- 1 Fococelda
- 1 motor pequeño de un juguete
- Resistencias que se muestran en los diagramas y surtidas.
- Condensadores electrolíticos de  $1\mu\text{F}$ ,  $10\mu\text{F}$ ,  $100\mu\text{F}$ ,  $47\mu\text{F}$ .

## 5.2. Montajes

### 5.2.1. Transistor como interruptor y temporizador en modo biestable (en corte y saturación)

En este punto, nuestro objetivo es realizar un sencillo automatismo para controlar un motor de juguete.

- Calcular el valor de  $R1$  para que el temporizador tenga un periodo de aproximadamente 10s, con la configuración que se muestra en la Figura 6. ( $T = 4.4RC$ , con  $C=10\mu\text{F}$ )
- Cronometre el tiempo de encendido y de apagado del motor.
- Indique en su informe una explicación del funcionamiento de este circuito y en particular del funcionamiento del transistor.

### 5.2.2. Activación digital del motor con temporización

Mediante un mecanismo como este se pueden hacer sistemas de activación digital para diferentes mecanismos. Por ejemplo para la apertura de una puerta, para el encendido de un bombillo con temporización, etc. Cambie la conexión anterior por la que se ilustra en la Figura 7.

- Calcule el valor de  $R1$  para lograr un tiempo de activación del motor de 5s, teniendo en cuenta que  $T = 2.48R_1C_1$ .
- Verifique el funcionamiento de su mecanismo y cronometre el tiempo de activación del motor, una vez oprimido el pulsador digital de activación.
- Explique en su informe el funcionamiento de un monoestable y de la conmutación del transistor.

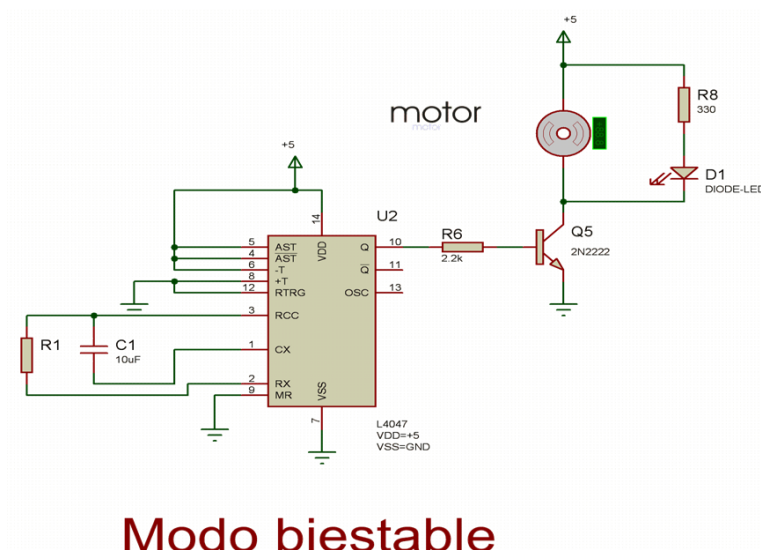


Figura 6: Montaje 1

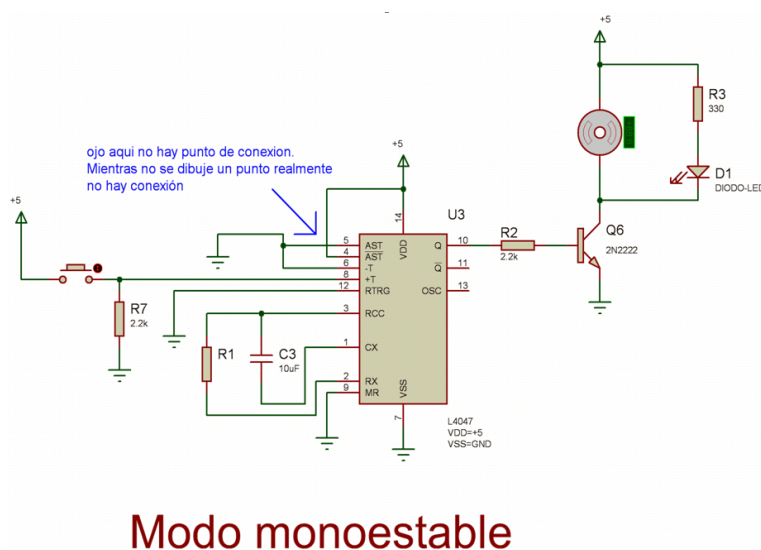
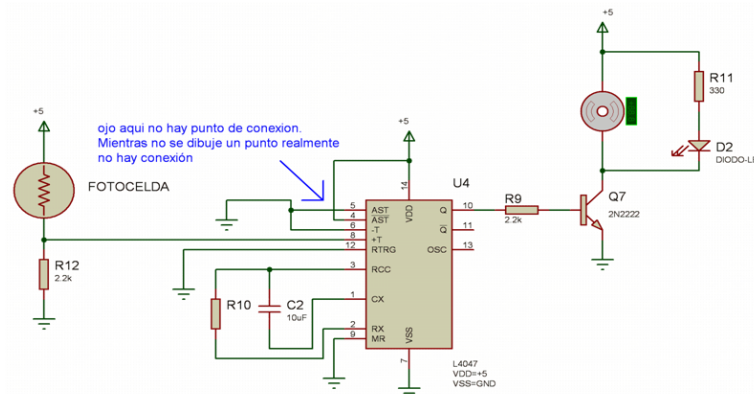


Figura 7: Montaje 2

### 5.2.3. Activación digital del motor mediante una fotocelda

- Mida la resistencia de una fotocelda a la luz ambiental, luego tápela completamente y posteriormente repita la medición de sus resistencia. Indique en que orden de magnitud varía de un caso respecto a otro.
- Cambie el pulsador por una fotocelda como se ilustra en la Figura 8 y verifique que el motor se activa cuando a la fotocelda se le tapa la luz y luego se mantiene colocada.



## Modo monoestable

Figura 8: Montaje 3

- Explique esto, según lo visto acerca del funcionamiento del disparo de los monoestables.

### 5.2.4. Cambio del sentido de giro mediante un puente H

En este punto nuestra misión es invertir automáticamente el sentido de giro de un motor. Lo que en realidad hacemos es invertir el sentido de flujo de la corriente por medio de “interruptores controlados”, como son los transistores en este caso.

- Implemente el circuito de la Figura 9. Observe que el temporizador está en modo biestable como en el primer montaje. Ajuste los valores de R y C de manera que el motor avance 3.5s en un sentido y 3.5s en el sentido contrario.
- Presione el botón y observe lo que pasa. Suéltelo y observe nuevamente. ¿Qué se logra con este mecanismo?. ¿Qué utilidad práctica le vería usted a un mecanismo que tiene este funcionamiento?

## 6. Consulta

- Consulte sobre los transistores de efecto de campo y presente un resumen en una tabla con las diferencias principales entre éstos y los transistores bipolares.
- Investigar como funciona un fotocelda.
- Consultar que circuito integrado funciona como un puente H.



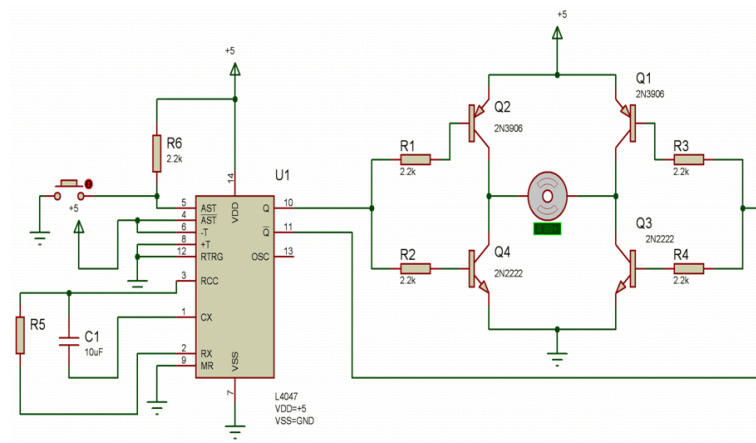


Figura 9: Montaje 4