

# El Diodo y el Transistor Bipolar

David Ricardo Martínez Hernández

Código: 261931

**Resumen**—Is demonstrated the operation of a transistor, in court and saturation, making the circuits established in the laboratory guide, making the transistor is working in the region of cut and make a leap into the saturation region, without the need to reach the active region..

**Palabras clave**— Condensador, Generador de Señales, LED, Multímetro, NPN, Osciloscopio, PNP, Protoboard, Pulsador, Resistencias, Transistor, Voltaje Pico.

## I. INTRODUCCIÓN

Los transistores son elementos semiconductores, formados por materiales tipo p y tipo n.

Los semiconductores que no contienen dopantes e impurezas se llaman semiconductores intrínsecos, como lo son el silicio y el germanio en su estado cristal. Cuando se agregan pequeñas concentraciones de P (Fósforo) o B (Boro), así creando el material tipo n y tipo p respectivamente. En el material tipo n hay exceso de electrones porque el Fósforo agrega un electrón extra al Silicio o Germanio (estos materiales seden electrones con gran facilidad), este electrón se puede mover con gran facilidad en el cristal de silicio dopado, de manera similar al agregarle Boro al Silicio se formar el material tipo p, en este material hay vacantes de electrones porque el Boro tiene necesita de un electrón para completar los cuatro enlaces.

El diodo es un elemento formado por la unión de material tipo p y tipo n, al estar conformado por estos dos materiales se convierte en un material semiconductor, estos materiales semiconductores tienen la característica que solo conducen corriente en un solo sentido cuando se encuentra polarizado en directo (la corriente fluye de Ánodo a Cátodo); el ánodo esta conformado por material tipo p y el cátodo por material tipo n; pero esta polarización es con el sentido de la corriente convencional más no de la real.

El transistor es un elemento formado por la unión de NPN ó PNP, estos transistores son conocidos también como BJT (Transistor de Unión Bipolar o Bipolar Junction Transistor), estos transistores son controlados por la corriente de base ( $I_b$ ), poseen un factor de amplificación ( $\beta$ ) el cual da el fabricante, la corriente de colector ( $I_c$ ) está en función de  $I_b$ , es decir

$$I_C = \beta I_B \quad (1)$$

esta ecuación fue establecida para los transistores BJT, por consiguiente para obtener la  $I_e$  se hace análisis nodal entre base, colector y emisor, de acuerdo a la figura 1

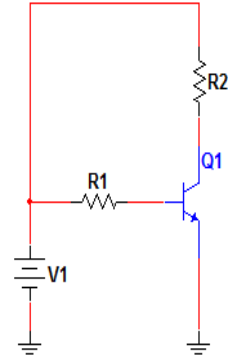


Fig. 1

CIRCUITO CON TRANSISTORES

el resultado que se obtendría sería

$$\begin{aligned} I_E &= I_B + I_C \\ I_E &= I_B + \beta I_B \\ I_E &= (\beta + 1) I_B \end{aligned} \quad (2)$$

Las ecu. 1 y 2 son las únicas ecuaciones necesarias para poder analizar los transistores, utilizando todas las herramientas para el análisis de los circuitos electrónicos.

La figura 2 hace referencia a las uniones (Junturas) de los transistores BJT.

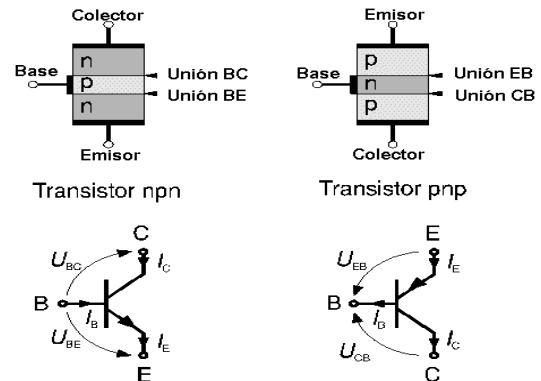


Fig. 2

TRANSISTORES PNP Y NPN

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

Para desarrollar este laboratorio fue necesaria la utilización de:

- Cable
- CD4047
- Condensadores
- Conectores Banana Caimán
- Fococelda
- Generador de Señales
- Multímetro
- LED
- Osciloscopio
- Pinzas
- Protoboard
- Pulsador
- Resistencias
- Transistores 2N2222, 2N3906, 2N3904

## III. DESARROLLO TEÓRICO DE LOS CIRCUITOS IMPLEMENTADOS

### III-A. Transistor como interruptor y temporizador en modo Biestable (Corte y Saturación)

Se procedió a montar el circuito de la figura 3, hallando el valor de  $R_1$  para que el temporizador tenga un periodo de aproximadamente 10s, la ecuación para hallar el valor de la resistencia es  $T = 4,4R_1C$ , con  $C = 10\mu F$ , dando como resultado  $227,273k\Omega$ .

El tiempo de encendido fue aproximadamente de 5,35s, el de apagado fue de 5,53s.

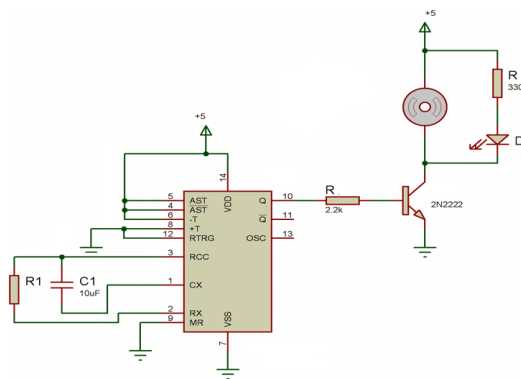


Fig. 3  
MODO BIESTABLE

El CD4047 es un circuito integrado generador de pulsos (Multivibrador), el cual genera pulsos de forma Monoestables o Aestable, para el circuito de la figura 3 el CD genera pulsos Aestables periódicos de acuerdo a la resistencia calculada, esta serie de pulsos llevan al transistor a corte o a saturación de acuerdo al estado del pulso.

Para llevar al transistor a corte  $V_{CE} \approx V_{CC}$  e  $I_C$  se a casi cero, es decir como si  $V_{CC}$  y emisor formaran un solo punto. De esta forma el motor se apaga porque no hay una diferencia de potencial en los terminales del motor.

Para que el transistor este en saturación  $V_{CE} \approx 0$  e  $I_C$  sea

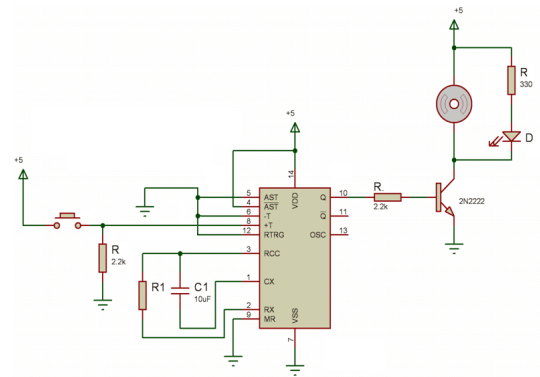


Fig. 4  
MODO MONOESTABLE

máxima, es decir que la corriente total este circulando en colector para que pueda ser activado el motor.

Esto siempre sucederá porque el CD4047 esta generando pulsos periódicos.

### III-B. Activación Digital del motor con temporización

Se procedió a montar el circuito de la figura 4, hallando el valor de  $R_1$  para que el temporizador tenga un periodo de aproximadamente 5s, la ecuación para hallar el valor de la resistencia es  $T = 2,48R_1C_1$ , con  $C_1 = 10\mu F$ , dando como resultado  $201,613k\Omega$ .

El tiempo de encendido fue aproximadamente de 5,58s, el de apagado fue de 5,58s.

Un monoestable tiene un estado estable, en el que puede permanecer indefinidamente. Cuando se activa entra en un estado casi estable en el que permanece durante un estado predeterminado, generando de esta forma la señal de un pulso conocido.

Un transistor funciona en conmutación cuando esta trabajando en corte y saturación, por consiguiente se dice que un transistor trabaja en conmutación cuando se comporta como un switch.

### III-C. Activación Digital del motor con una fotocelda

Se procedió a montar el circuito de la figura 5, midiendo la resistencia de la fotocelda en luz ambiental que fue de  $10,1k\Omega$ , se midió el valor resistivo de la fotocelda sin luz dando un valor de  $100k\Omega$ . La magnitud es 10 veces.

El tiempo de encendido fue aproximadamente de 5,35s, el de apagado fue de 5,53s.

Cuando la fotocelda tiene luz el motor no funciona porque la resistencia es muy pequeña y no hay voltaje sobre el CD4047 y el resto del circuito todo el voltaje se encuentra en la fotocelda, al aumentar la resistencia en la fotocelda; esto sucede cuando se le tapa la luz; la fotocelda obtiene una resistencia muy alta y se estaría comportando como un circuito abierto y todo el voltaje se estaría repartiendo por el resto del circuito.

### III-D. Cambio de sentido de giro mediante puente H

Se procedió a montar el circuito de la figura 6, hallando el valor de  $R_1$  para que el temporizador tenga un periodo de

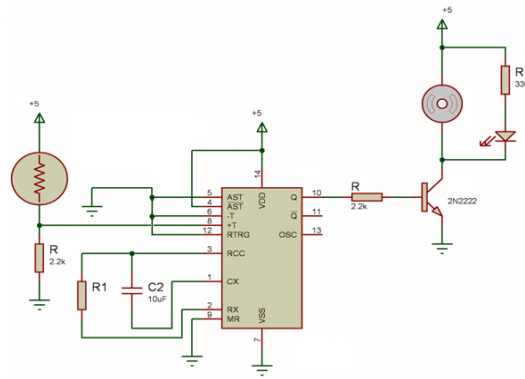


Fig. 5

MODO MONOESTABLE CON FOTOCELDA

aproximadamente 7s, la ecuación para hallar el valor de la resistencia es  $T = 2,48R_1C$ , con  $C = 10\mu F$ , dando como resultado 282,2258k $\Omega$ .

Toca corroborar esto... El tiempo de encendido fue aproximadamente de 5,35s, el de apagado fue de 5,53s.

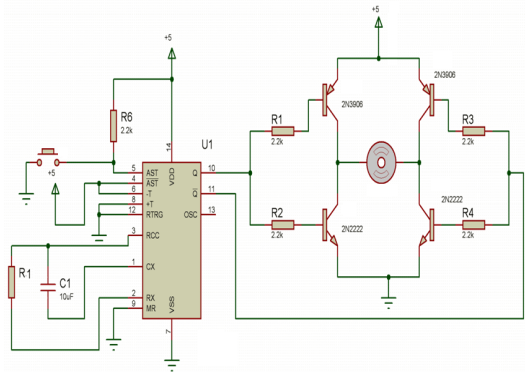


Fig. 6

MODO MONOESTABLE

No se pudo hacer este circuito porque la impedancia de entrada es muy grande con respecto a la impedancia de salida, o por el contrario la impedancia de entrada es muy pequeña con respecto a la de entrada, esto hace variar el voltaje de salida porque todo el voltaje se queda en la impedancia más pequeña si esta conectada en serie. Las fuentes se asemejan a un divisor de tensión porque se necesita una resistencia variable y si se le conecta una resistencia muy pequeña en paralelo a la resistencia esta se será menor que la menor de las resistencias, por consiguiente todo el voltaje se queda en la resistencia más grande.

No sabría decir que aplicación práctica darle a este circuito porque no observe el funcionamiento del mismo.

### III-E. El Transistor como amplificador de Voltaje

Se procedió a montar el circuito de la figura 7. Donde la resistencia de 3k $\Omega$ , corresponde a la serie de una resistencia de 1k $\Omega$  y un potenciómetro de 2k $\Omega$ , con una señal de entrada

de  $V_{in} = 10mV \sin(2\pi 1000t)$ .

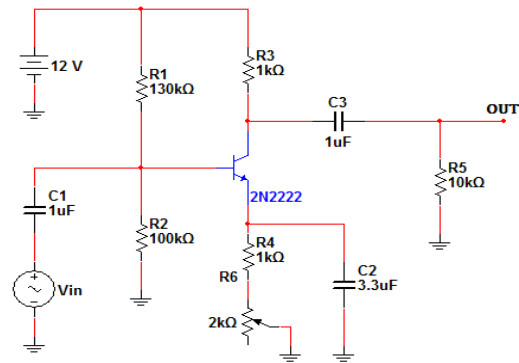


Fig. 7

TRANSISTOR COMO AMPLIFICADOR DE VOLTAJE

La salida del transistor con respecto a la entrada de la figura 7 está representado en la figura 8

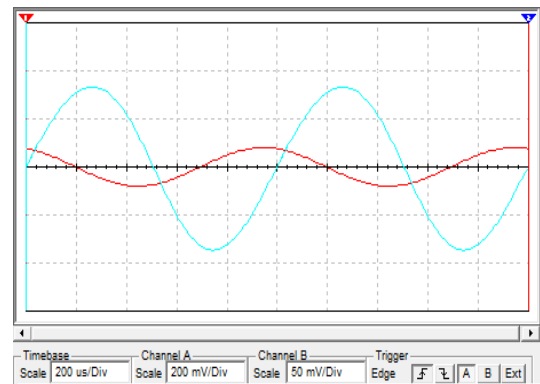


Fig. 8

SALIDA DEL MONTAJE 7, POTENCIÓMETRO EN VALOR MÁXIMO

Se tomaron tres medidas de voltaje en tres posiciones distintas del potenciómetro, calculando su ganancia (G) como  $G = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}}$ , dando como resultado:

Resistencia	V <sub>IN</sub>	V <sub>OUT</sub>	Ganacia
1.983k $\Omega$	10 mV <sub>p</sub>	200 mV <sub>p</sub>	20
.975k $\Omega$	10 mV <sub>p</sub>	200 mV <sub>p</sub>	20
.015k $\Omega$	10 mV <sub>p</sub>	200 mV <sub>p</sub>	20

TABLA I

SEÑAL DE SALIDA Y ENTRADA

Por consiguiente lo que quiere decir la Tabla I es que sin importar en cuanto se varíe el potenciómetro, su salida siempre es la misma, cuando se quita el condensador que se encuentra en paralelo con el potenciómetro y la resistencia la señal se atenúa. La siguiente tabla muestra los datos del transistor sin el condensador C<sub>2</sub>, variando la resistencia del potenciómetro, calculando su ganancia (G) como  $G = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}}$ , dando como resultado:

Resistencia	V <sub>IN</sub>	V <sub>OUT</sub>	Ganancia
2.983k $\Omega$	10 mV <sub>P</sub>	8 mV <sub>P</sub>	0.8
.975k $\Omega$	10 mV <sub>P</sub>	5 mV <sub>P</sub>	0.5
1.398k $\Omega$	10 mV <sub>P</sub>	6 mV <sub>P</sub>	0.6

TABLA II  
SEÑAL DE SALIDA Y ENTRADA SIN C<sub>2</sub>

Se tomaron dos valores diferentes de amplitud de la señal, con una resistencia de 1k $\Omega$ , porque si se toma esta resistencia da la mitad del voltaje de entrada, calculando su ganancia (G) como  $G = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}}$ , dando como resultado:

V <sub>IN</sub>	V <sub>OUT</sub>	Ganancia
14 mV <sub>P</sub>	7 mV <sub>P</sub>	0.5
18 mV <sub>P</sub>	9 mV <sub>P</sub>	0.5

TABLA III  
AMPLITUD SEÑAL DE SALIDA Y ENTRADA SIN C<sub>2</sub>

### III-F. Transistor como switch (Corte y Saturación) y temporizador en modo Aestable

Se procedió a montar el circuito de la figura 9, R<sub>2</sub> y R<sub>3</sub> por valores de 50k $\Omega$ , 100k $\Omega$ , 120k $\Omega$  y 200k $\Omega$

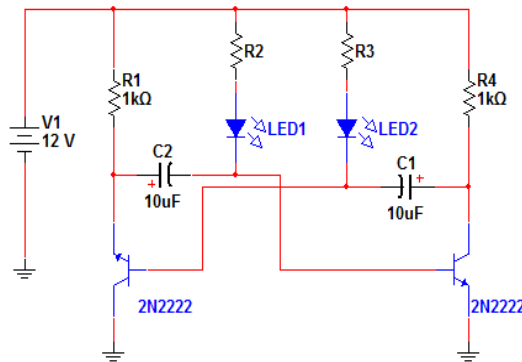


Fig. 9  
TEMPORIZADOR EN MODO AESTABLE

Los datos obtenidos acerca del V<sub>CE</sub>, V<sub>BE</sub> y tiempo de encendido de los LED's están consignados en la Tabla IV:

R <sub>4</sub> y R <sub>5</sub>	V <sub>CE</sub>	V <sub>BE</sub>	Periodo
50k $\Omega$	5.483V <sub>P</sub> a 0.63V <sub>P</sub>	0.642V <sub>P</sub> a -2.469V <sub>P</sub>	1seg
100k $\Omega$	5.02V <sub>P</sub> a 0.64V <sub>P</sub>	0.653V <sub>P</sub> a -3.213V <sub>P</sub>	2seg
120k $\Omega$	5.03V <sub>P</sub> a 0.63V <sub>P</sub>	0.635V <sub>P</sub> a -3.325V <sub>P</sub>	3seg
200k $\Omega$	5.03V <sub>P</sub> a 0.65V <sub>P</sub>	0.649V <sub>P</sub> a -3.664V <sub>P</sub>	4seg

TABLA IV  
DATOS OBTENIDOS TRANSISTOR COMO SWITCH

## IV. CONSULTA

- Consulte sobre transistores de efecto de campo y presente en resumen en una tabla con las diferencias principales entre estos transistores bipolares.

Los transistores de efecto de campo también llamados FET (Field Effect Transistor), son llamados transistores unipolares, su funcionamiento depende solo de un tipo de carga, ya sean

huecos o electrones libres. Las diferencias mas importantes entre los BJT y los FET están en la Tabla V:

BJT	FET
Controlado por corriente de Base	Controlado por tensión entre Puerta y Fuente
Dispositivo Bipolar que trabaja con las cargas libres de los huecos y electrones	Dispositivo unipolar que trabaja con las cargas libres de los huecos (canal p) ó electrones (canal n)
I <sub>C</sub> es una función de I <sub>B</sub>	I <sub>D</sub> es una función de V <sub>gs</sub>
$\beta$ es el factor de amplificación	gm es el factor de amplificación
Altas ganancias de corriente y de voltaje	Ganancias de corriente indefinidas y ganancias de voltaje menores a los de los BJT
Relación lineal entre I <sub>b</sub> e I <sub>c</sub>	Relación cuadrática entre V <sub>gs</sub> e I <sub>d</sub>

TABLA V  
DIFERENCIAS ENTRE BJT Y FET [3]

- Investigar como funciona una fotocelda.

Las fotoceldas están construidas de materiales sensibles a la luz, cuando la luz es muy intensa en ella su resistencia es menor, y la resistencia es mayor cuando la luz es mínima. Su funcionamiento se basa en el efecto fotoeléctrico.

- Consultar que circuito integrado funciona como un puente H.

Estos son algunos de los circuitos integrados que funcionan como un Puente H: L293B, L293C, L293D, L298, L6205, L6206, L6207, TLE 5206-2.

## V. CONCLUSIONES

- Se comprendió el funcionamiento de los transistores BJT, la forma en la que amplifica voltaje. El condensador en colector aísla ese pin, es decir si variamos el potenciómetro no alterara la señal de salida, cuando se quita el condensador si afecta la señal de salida ya sea amplificandola o atenuándola.
- No se pudo observar el funcionamiento del circuito **Puente H**, porque se encontró un problema de impedancias, es decir la impedancia de salida es muy baja o muy alta y no se genera el suficiente voltaje para que pueda funcionar este circuito.
- Se comprendieron las diferencias entre los transistores BJT y los FET, cada uno sirve para una tarea diferente de acuerdo a la necesidad que se tenga, se pueden hacer diferentes configuraciones para obtener diferentes resultados.

## REFERENCIAS

- [1] Dorf Svoboda. "Circuitos Eléctricos". Alfaomega, 2006.
- [2] C. J. Savant. "Diseños Electrónicos: Circuitos de Sistema". Prentice-Hall, 2006.
- [3] "http://www.slideshare.net/washimosfet88/transistoresfet-3700018".