



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

ÁREA DE INGENIERÍA EN COMPUTADORES

LABORATORIO DE ELEMENTOS ACTIVOS

---

## Experimento 9: Transistores BJT como interruptores: Multivibradores

---

*Estudiantes:*

Arturo CHINCHILLA S.  
Gustavo SEGURA U.

*Profesor:*

Ing. José DÍAZ

8 de marzo de 2019

## Índice

<b>1. Introducción</b>	<b>2</b>
1.1. Transistor BJT como interruptor . . . . .	2
1.2. Región de saturación para el transistor BJT . . . . .	2
1.3. Región de corte para el transistor BJT . . . . .	2
1.4. Circuito multivibrador monoestable . . . . .	2
1.5. Circuito multivibrador astable . . . . .	3
<b>2. Objetivos</b>	<b>3</b>
2.1. Objetivo General . . . . .	3
2.2. Objetivos Específicos . . . . .	3
<b>3. Equipo y materiales</b>	<b>4</b>
<b>4. Mediciones y tablas</b>	<b>4</b>
<b>5. Análisis de resultados</b>	<b>4</b>
5.1. Aplicaciones para los circuitos multivibradores estables . . . . .	4
5.2. Cálculo de valores para el multivibradores astable . . . . .	6
5.3. Multivibrador astable para medición de capacitancia de un condensador . . . . .	6
<b>6. Conclusiones</b>	<b>7</b>
<b>7. Recomendaciones</b>	<b>7</b>
<b>8. Apéndices y anexos</b>	<b>8</b>

## Índice de figuras

1. BJT como interruptor . . . . .	2
2. Circuito multivibrador monoestable . . . . .	3
3. Circuito multivibrador astable . . . . .	3
4. Medición del circuito . . . . .	4
5. Oscilador dual . . . . .	5
6. Generador diente de sierra . . . . .	5
7. Generador de funciones . . . . .	6
8. Multivibrador para medición de capacitancia . . . . .	6
9. Tiempos de salida y carga y descarga del condensador . . . . .	7
10. Circuito de medición . . . . .	8

## Índice de cuadros

1. TablaMateriales . . . . .	4
2. My caption . . . . .	4

## 1. Introducción

El transistor es un dispositivo semiconductor de tres capas que consta de dos capas de material tipo n y una de material tipo p o de dos capas de material tipo p y una de material tipo n. El primero se llama transistor npn y el segundo transistor pnp."[1]

### 1.1. Transistor BJT como interruptor

El transistor BJT se puede utilizar como interruptor, en caso de que se quiera activar/desactivar cierta parte de un circuito. En este caso se utilizará un transistor BJT de tipo NPN con la configuración mostrada en la figura 1.

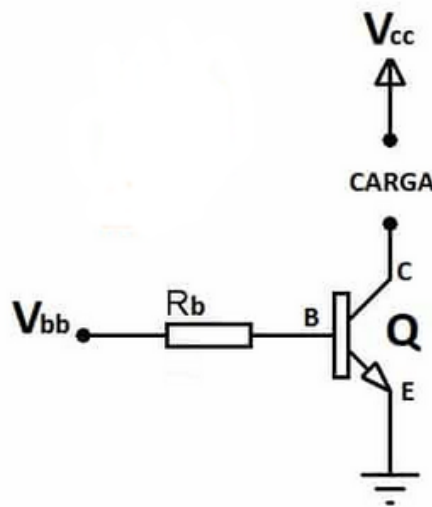


Figura 1: Configuración BJT de tipo NPN como interruptor

Donde:

$V_{cc}$ : Es la tensión de alimentación del circuito principal (debe ser inferior a  $V_{CEO}$

Carga: Es el elemento que se quiere activar/desactivar, ejemplo un LED.

Q: Transistor de tipo NPN.

$R_b$ : Resistencia limitadora para la base del transistor.

$V_{bb}$ : Voltaje de excitación de la base (debe ser superior a  $V_{BE}$ ).

### 1.2. Región de saturación para el transistor BJT

Para que el transistor entre en región de saturación, teóricamente se dice que  $V_{CE} = 0V$ , ya que se dice que existe un corto circuito entre el colector y el emisor, aunque en realidad esto no es cierto. Esto se hace para facilitar los cálculos. Además el voltaje  $V_{BE} = 0,7V$  para el transistor de silicio.

### 1.3. Región de corte para el transistor BJT

Para que el transistor entre en región de corte, se dice que su corriente de colector  $I_C$  debe ser igual a 0 A. Esto ocurre si la corriente de base es igual a 0 A, y esto además será cuando el voltaje de excitación de la base  $V_{BB} = 0V$ .

### 1.4. Circuito multivibrador monoestable

En general, un circuito monoestable es un circuito que tiene un estado estable, en el cual, puede permanecer indefinidamente aunque no presente excitación de agentes externos al circuito. En la figura 2 se muestra un circuito multivibrador monoestable.

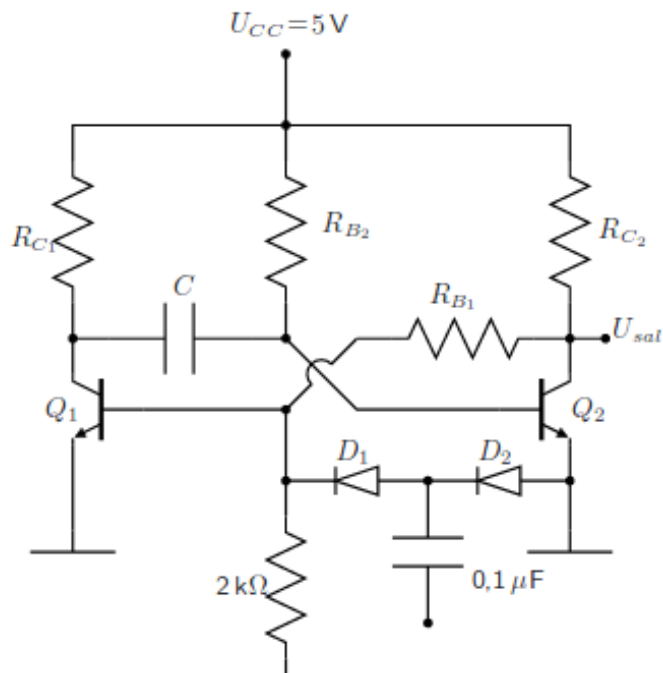


Figura 2: Circuito multivibrador monoestable.  $R_{C1}=R_{C2}=1\text{ k}\Omega$ ,  $R_{B1}=R_{B2}=10\text{ k}\Omega$

### 1.5. Circuito multivibrador astable

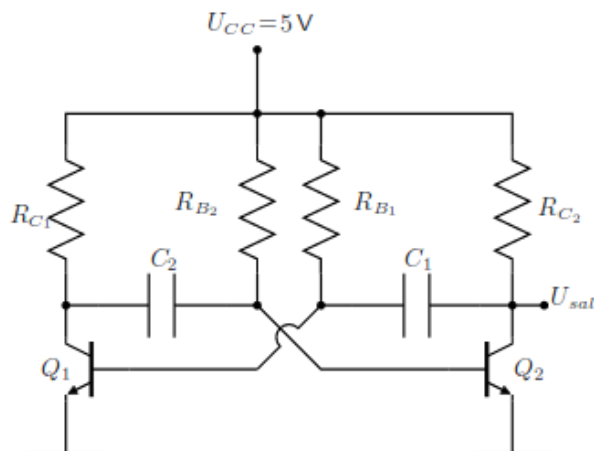


Figura 3: Circuito multivibrador astable.  $R_{C1}=R_{C2}=1\text{ k}\Omega$ ,  $R_{B1}=R_{B2}=10\text{ k}\Omega$

## 2. Objetivos

### 2.1. Objetivo General

Al finalizar el experimento y su análisis, el estudiante estará en capacidad de explicar el funcionamiento de un transistor bipolar funcionando como interruptor en circuitos multivibradores.

### 2.2. Objetivos Específicos

1. Explicar el comportamiento del transistor como interruptor y analizar sus características en las regiones de corte y saturación.
2. Explicar el funcionamiento de circuitos multivibradores monoestables, biestables y astables con transistores BJT, y poder modificarlos para adecuarlos a especificaciones indicadas.

### 3. Equipo y materiales

Cuadro 1: TablaMateriales	
Cantidad	Componente
1	Fuente CD
1	Osciloscopio
1	Aislador de tierras (tapón aislador)
1	Placa de montaje de prototipos (protoboard)
	alambre aislado 26/24AWG, cables, alicates
2	Transistores NTE123, 2N2222 o equivalentes
2	Resistencias de $1k\Omega$
2	Resistencias de $10k\Omega$
1	Condensador dimensionado por el estudiante
2	Resistencias dimensionadas por el estudiante
1	LED rojo
1	LED verde

### 4. Mediciones y tablas

Cuadro 2: My caption	
Componente	Valor
Rc1 y Rc2	$1k\Omega$
Rb1 y Rb2	$33k\Omega$
C1 y C2	$10\mu F$

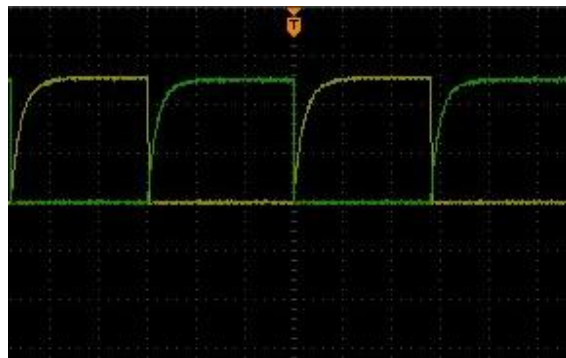


Figura 4: Medición del circuito de la figura 10

Periodo del de la señal de salida del multivibrador:  $497.2 \mu s$

### 5. Análisis de resultados

Las mediciones obtenidas del circuito muestran 2 señales cuadradas con un periodo cercano a 0.5 segundos, pero desfasadas entre ellas por 0.25 segundos.

#### 5.1. Aplicaciones para los circuitos multivibradores estables

- Circuito Multivibrador Astable con CI 556 como Oscilador dual (dos tonos):

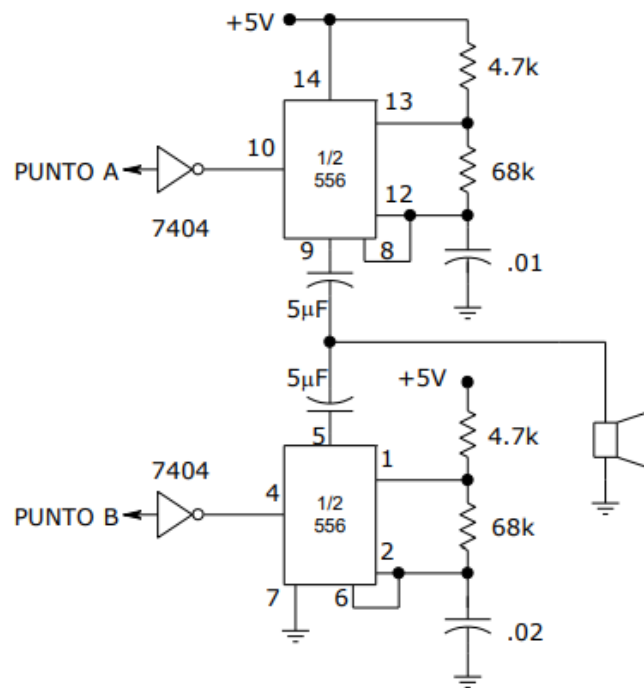


Figura 5: Multivibrador astable como oscilador dual

- Circuito Multivibrador Astable con CI 555 como generador de diente de sierra:

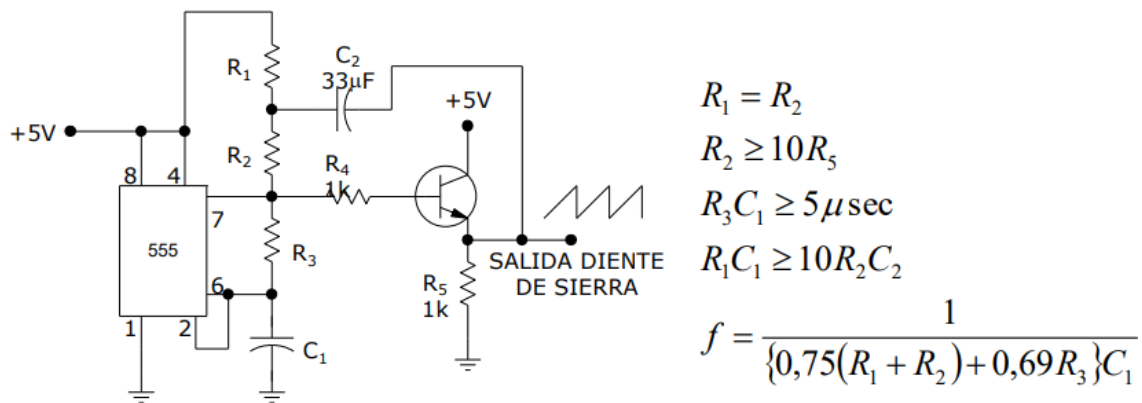


Figura 6: Multivibrador astable como generador de diente de sierra

- Circuito Multivibrador Astable con CI 555 como generador funciones:

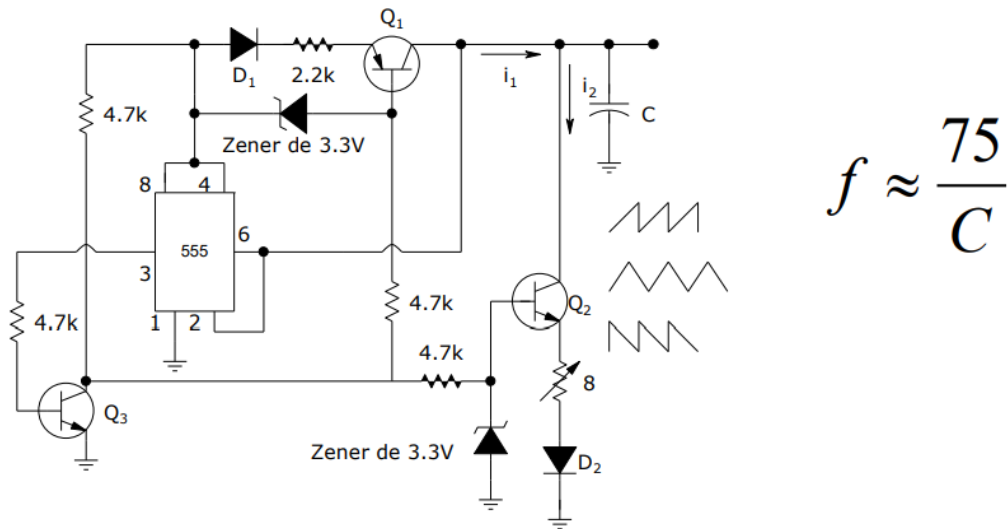


Figura 7: Multivibrador astable como generador de funciones

## 5.2. Cálculo de valores para los multivibradores astables

Para resolver el circuito respecto a  $t$ , es necesario utilizar la siguiente fórmula:

$$t = -R_B C * \ln\left(\frac{V_{BEQ1} - V_{cc}}{V_{BEQ1} - 2V_{cc}}\right) \quad (1)$$

Esta permite obtener el tiempo en saturación de uno de los transistores, en caso de querer obtener una señal cuadrada es necesario utilizar los mismos valores de condensador y resistencia para ambos transistores.

## 5.3. Multivibrador astable para medición de capacitancia de un condensador

Utilizando un oscilador de relajación con un CI 555, se puede medir la capacitancia de un condensador que forma parte de un circuito RC o LC. En la figura 8 se pueden observar 3 bloques principales: un condensador  $C_x$  Variable, el Circuito Integrado LM 555 y un contador de ciclos.

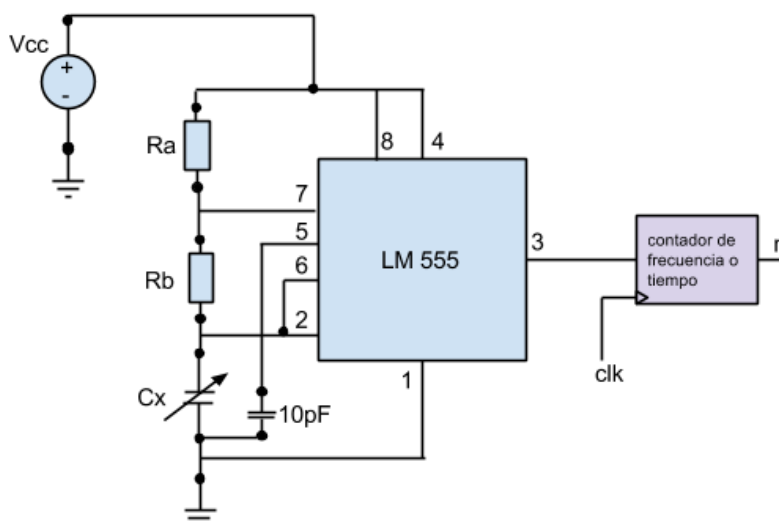


Figura 8: Multivibrador para medición de capacitancia

El CI se debe configurar como astable (alterna entre 2 modos estables), y la salida de este se caracteriza por tener una forma de onda cuadrada o rectangular continua.

La señal de salida tendrá un nivel alto durante un tiempo  $t_2$  y un nivel bajo durante el tiempo  $t_3$ , donde estos tiempos dependen de los valores de las resistencias  $R_a$ ,  $R_b$  y el condensador variable  $C_x$ . En la Figura 9 se puede observar los intervalos de tiempo para  $T_2$  y  $T_3$  además de la salida.

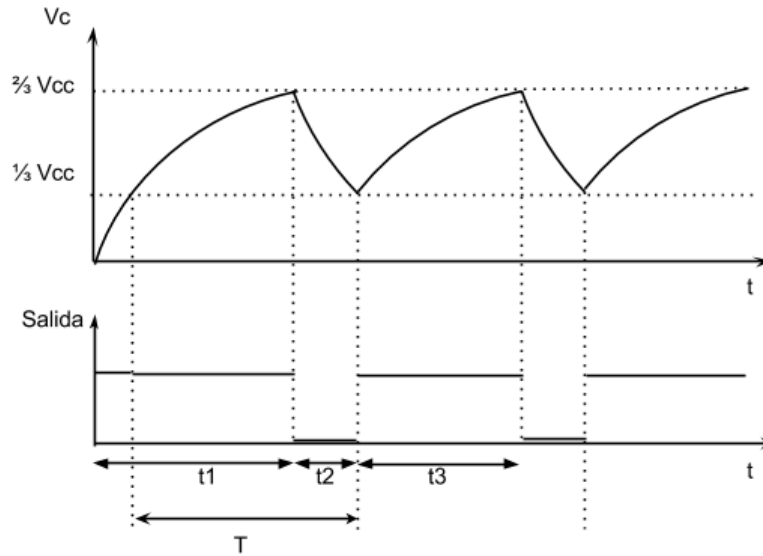


Figura 9: Diagrama de tiempos de salida y carga y descarga del condensador

Mediante mediciones prácticas se puede encontrar los valores de tiempo para  $t_2$  y  $t_3$ , y con ellos encontrar el valor de  $C_x$  que se puede despejar de las siguientes ecuaciones:

$$t_2 = \ln(2)(R_a + R_b)C_x \quad (2)$$

$$t_3 = \ln(2)R_b C_x \quad (3)$$

Donde en ambos casos para las ecuaciones 2 y 3 se puede despejar el valor de  $C_x$  conociendo los valores de las resistencias y los tiempos  $t_2$  y  $t_3$ .

## 6. Conclusiones

La mayoría de los transistores que se encuentran en el mercado son de Silicio, cuya caída de tensión Base-Emisor ( $V_{BE}$ ) es de 0.7 V. También existen de Germanio cuya caída de tensión  $V_{BE} = 0.3$  V.

En el circuito utilizado se muestra como el uso de un condensador puede retardar el tiempo de disparo de un transistor, permitiendo obtener la señal deseada en este caso, pero en circuitos de alta frecuencia la aparición de capacitancias parásitas puede causar un comportamiento erróneo del sistema.

Con la ayuda de un circuito multivibrador astable, es posible medir la capacitancia de condensador, utilizando para ello los tiempos de carga y descarga del mismo, con las ecuaciones 2 y 3.

## 7. Recomendaciones

No trabajar con tensiones y corrientes muy elevadas, ya que podrían estar fuera de lo soportado por los dispositivos (mirar previamente el Datasheet u hoja de datos).

La potencia que debe disipar el transistor en el circuito debe ser inferior a la máxima permitida vista en el Datasheet proporcionada por el fabricante.



## 8. Apéndices y anexos

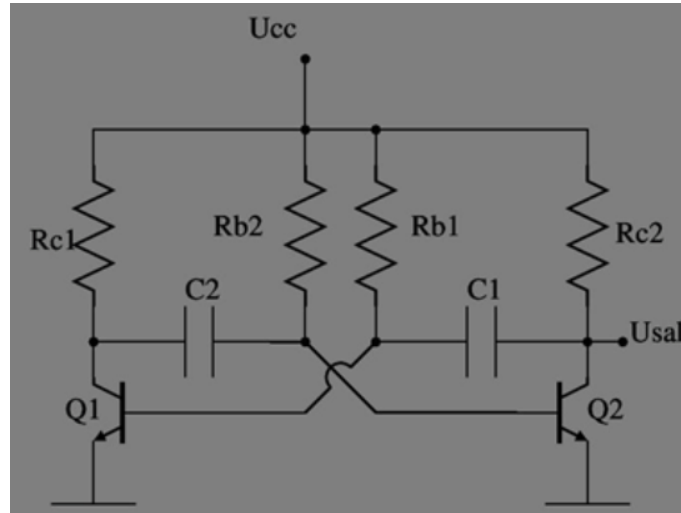


Figura 10: Circuito de medición, circuito multivibrador astable.  $R_{C1} = R_{C2} = 1 \text{ k}\Omega$ ,  $R_{B1} = R_{B2} = 10 \text{ k}\Omega$

## Referencias

- [1] R. Boylestad, L. Nashelsky, R. Navarro and F. Rodríguez *Electrónica*. México: Pearson Prentice Hall, 2009.
- [2] Requejo, N. (2013). *Medir la capacitancia*. Retrieved from <http://nataliarequejo.blogspot.com/2013/11/medir-la-capacitancia.html>