



Instituto Politécnico Nacional

Escuela Superior de Cómputo



Práctica 4: Transistor Bipolar

Profesor: Ismael Cervantes de Anda

Grupo: 4CV2

Equipo:

- Ramírez Jiménez Itzel Guadalupe
- Colín Ramiro Joel
- Vázquez Giles Alejandro

I. OBJETIVO

En esta cuarta práctica trabajaremos con lo que son los transistores, más concretamente con el transistor bipolar. Identificamos las terminales de un transistor con el multímetro, analizamos la polarización del BJT, así como el transistor bipolar en conmutación. Además debimos analizar los puntos de saturación y corte del transistor bipolar y finalmente implementar alguna aplicación con el transistor en conmutación.

Los materiales a utilizar en esta práctica son:

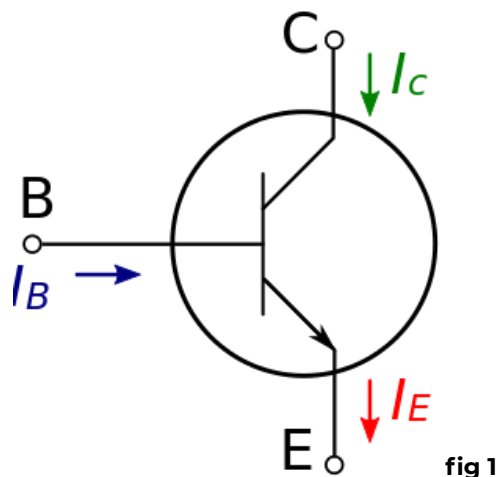
Transistores: 2N2222, BC547C, BC557C, TIP41.

Resistencia: 10Ω , 100Ω , 180Ω , 220Ω , 560Ω , $1k\Omega$, $1.2k\Omega$, $4.7k\Omega$, $10k\Omega$, $22k\Omega$.

Motor de CD a 12v.

II. INTRODUCCIÓN TEÓRICA

Un transistor bipolar **fig 1** es un dispositivo electrónico de estado sólido consistente en dos uniones PN muy cercanas entre sí, que permite aumentar la corriente y disminuir el voltaje, además de controlar el paso de la corriente a través de sus terminales. Esta denominación de bipolar se debe a que la conducción tiene lugar gracias al desplazamiento de portadores de dos polaridades (huecos positivos y electrones negativos) y son de gran utilidad en gran número de aplicaciones; pero tienen ciertos inconvenientes, entre ellos su impedancia de entrada bastante baja.



Los transistores bipolares son los transistores más conocidos y se usan generalmente en electrónica analógica aunque también en algunas aplicaciones de electrónica digital.

Un transistor de unión bipolar está formado por dos Uniones PN en un solo cristal semiconductor, separados por una región muy estrecha. De esta manera quedan formadas tres regiones importantes:

1. **Emisor:** Se diferencia de las otras dos por estar fuertemente dopada, comportándose como un metal. Su nombre se debe a que esta terminal funciona como *emisor* de portadores de carga.
2. **Base:** Es la intermedia, es muy estrecha y separa el emisor del colector.
3. **Colector:** Es de extensión mucho mayor.

Su estructura consiste en tres regiones semiconductoras dopadas: la región del emisor, la región de la base y la región del colector. Estas regiones son, respectivamente, tipo P, tipo N y tipo P en un PNP; y tipo N, tipo P, y tipo N en un transistor NPN. Cada región del semiconductor está conectada a un terminal, denominado emisor (E), base (B) o colector (C), según corresponda.

El transistor de unión bipolar, a diferencia de otros transistores, no es usualmente un dispositivo simétrico. Esto significa que intercambian el colector y el emisor hacen que el transistor deje de funcionar en modo activo y comience a funcionar en modo inverso. Debido a que la estructura interna del transistor está usualmente optimizada para funcionar en modo activo, intercambiar el colector con el emisor hacen que los valores de α y β en modo inverso sean mucho más pequeños que los que se podrían obtener en modo activo; muchas veces el valor de α en modo inverso es menor a 0.5.

III. DESARROLLO

En esta sección se encuentra el desarrollo general de la práctica, así como los cálculos teóricos correspondientes para cada circuito.

Valor de Beta de los transistores

Debido a que no es posible medir el valor de Beta (β), mediante los simuladores virtuales, se tendrá que calcular manualmente su valor para cada transistor. Sus resultados están ilustrados en la **tabla 1**.

	<i>2N2222</i>	<i>BC547C</i>	<i>BC557C</i>
β	255.333	253.666	-3.95437

tabla 1

Circuito por Divisor de Voltaje

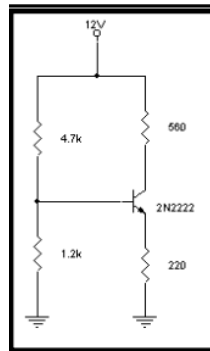


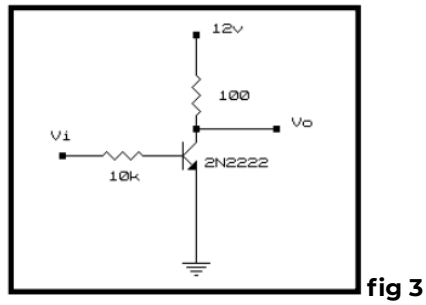
fig 2

Para este inciso, se armó y se simuló el circuito de la **fig 2** se midieron los voltajes y las corrientes con los transistores 2N2222 y BC547C. Los resultados están expuestos en la **tabla 2**.

	<i>2N2222</i>	<i>BC547C</i>
V_B	2.40 v	2.41 v
V_C	7.71 v	7.74 v
V_{CE}	6.02 v	6.06 v
I_B	0.03 mA	0.03 mA
I_C	7.66 mA	7.64 mA
I_E	7.70 mA	7.61 mA

tabla 2

Análisis del transistor en corte y saturación



Para el penúltimo inciso armamos y simulamos el circuito de la **fig 3** y al igual que en el inciso anterior, medimos el voltaje y las corrientes correspondientes para cuando el $V_i = 5v$ y para $0v$. Sus resultados, se colocaron en la **tabla 3**.

V_i	$5v$	$0v$
V_{CE}	6.27 v	12 v
I_B	0.42 mA	0 mA
I_C	57.3 mA	0 mA

tabla 3

Posterior a eso, cambiamos la resistencia de $10k\Omega$ por una de $22k\Omega$ y realizamos el mismo procedimiento. Los resultados se encuentran en la **tabla 4**.

V_i	$5v$	$0v$
V_{CE}	8.73 v	12 v
I_B	0.19 mA	0 mA
I_C	32.7 mA	0 mA

tabla 4

Circuitos Prácticos

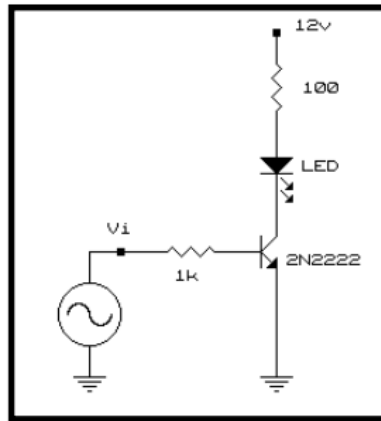


fig 4

Para el circuito de la **fig 4**, introducimos una señal cuadrada de 5 v en la salida del generador TTL a 0.5 Hz de frecuencia.

Y lo que realiza el circuito fue que: Se puede observar que cada 2 segundos enciende y apaga el led y también el motor, esto es debido a que la frecuencia en ambos circuitos está a 0.5Hz que es equivalente a $1/T$ donde si despejamos a T nos resultan 2 segundos encendido y 2 segundos apagado.

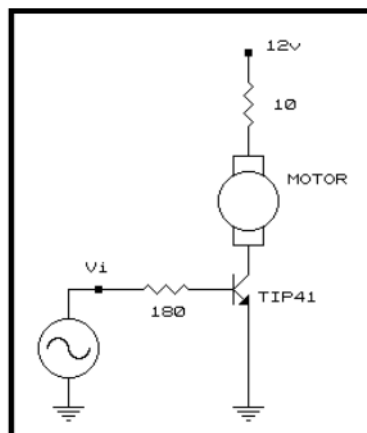


fig 5

Para el último circuito el cual se encuentra en la **fig 5** realizamos el mismo procedimiento que el circuito anterior, solo que en este caso utilizamos el transistor TIP41.

Y lo que realiza es: el circuito es lo mismo que el circuito anterior solo que en este caso al ser otro transistor y otras resistencias de menor nivel se tardó un segundo más en realizar su vuelta de motor.

IV. CÁLCULOS TEÓRICOS

Para el cálculo de Beta según el transistor

2N2222

$$\beta = \frac{I_c}{I_B} = \frac{7.66 \text{ mA}}{0.03 \text{ mA}} = \mathbf{255.333}$$

BC547C

$$\beta = \frac{I_c}{I_B} = \frac{7.61 \text{ mA}}{0.03 \text{ mA}} = \mathbf{253.666}$$

BC557C

$$\beta = \frac{I_c}{I_B} = \frac{10.4 \text{ mA}}{-2.63 \text{ mA}} = \mathbf{-3.95437}$$

Circuito divisor de voltaje con transistor 2N2222

$$R_{TH} = R_B = \frac{1}{\frac{1}{9.7k\Omega} + \frac{1}{1.2k\Omega}} = \frac{(1.2k\Omega)(9.7k\Omega)}{9.7k\Omega + 1.2k\Omega} = 955.9322\Omega$$

$$V_{TH} = E_b = \frac{(12V)(1.2k\Omega)}{9.7k\Omega + 1.2k\Omega} = 2.440V$$

$$E_b - V_{Rb} - V_{be} - V_{Re} = 0$$

$$E_b - I_b \cdot R_b - V_{be} - I_e \cdot R_e = 0$$

$$E_b - I_b R_b - V_{be} - R_e (1+\beta) I_b = 0$$

$$I_b (R_b + R_e (1+\beta)) = -E_b + V_{be}$$

$$I_b = \frac{-E_b + V_{be}}{-R_b - R_e (1+\beta)} = \frac{-2.44V + 0.7V}{-955.9322\Omega - 220\Omega(1+255.333)}$$

$$I_b = 0.0303404mA$$

$$I_c = \beta I_b \rightarrow I_c = (255.333)(0.03034mA) = 7.74691mA$$

$$I_e = I_b + I_c = (0.03034mA) + (7.74691mA) = 7.777mA$$

$$E_c - I_c R_c - I_e R_e = V_{ce} \rightarrow V_{ce} = 12V - (7.74691mA)(560\Omega) - (7.777mA)(220\Omega) = 5.9503V$$

$$V_R = I_c R_c = (7.74691mA)(560\Omega) = 4.3382V$$

$$V_e = E_c - V_R = 12V - 4.3382V = 7.6618V$$

$$V_b = E_b = 2.440V$$

Circuito por divisor de voltaje con transistor

$$R_{TH} = R_B = \frac{1}{\frac{1}{9.7k\Omega} + \frac{1}{1.2k\Omega}} = 955.9322\Omega$$

$$V_{TH} = E_b = \frac{(12V)(1.2k\Omega)}{9.7k\Omega + 1.2k\Omega} = 2.440V$$

$$V_b = E_b = 2.440V$$

$$I_b = \frac{-2.44V + 0.7V}{-955.9322\Omega - 220\Omega(1+253.66)} = 0.030535mA$$

$$I_c = (253.66)(0.030535mA) = 7.7456mA$$

$$I_e = (0.030535mA) + (7.7456mA) = 7.7761mA$$

$$V_{ce} = 12V - (7.7456mA)(560\Omega) - (7.7761mA)(220\Omega) = 5.95172V$$

$$V_{Rc} = (7.7456mA)(560\Omega) = 4.3372V$$

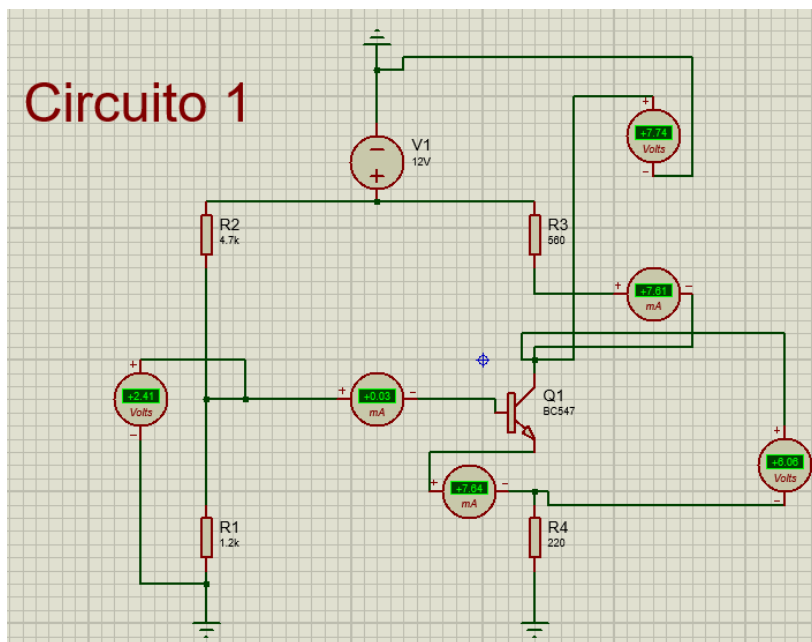
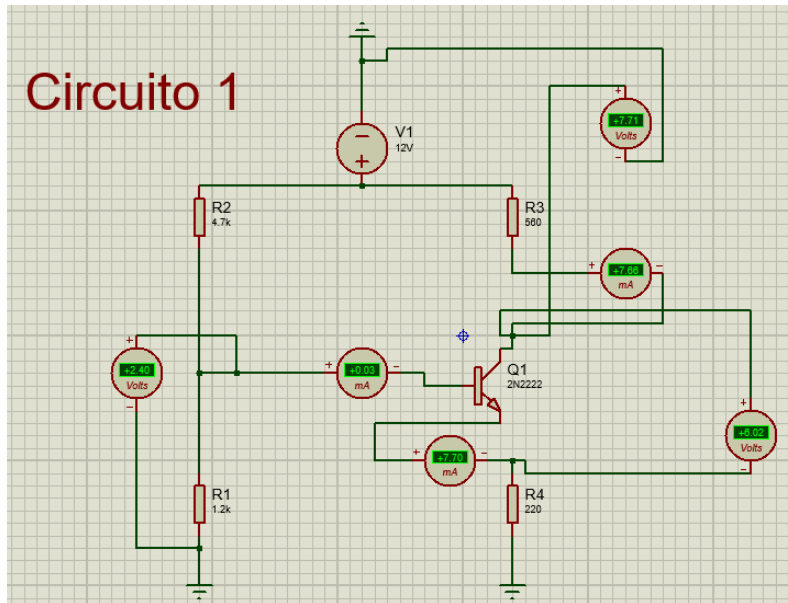
$$V_e = E_c - V_{Rc} = 12V - 4.3372V = 7.6628V$$

$$F = \frac{1}{T} \rightarrow F = 0.5 = \frac{1}{T}$$

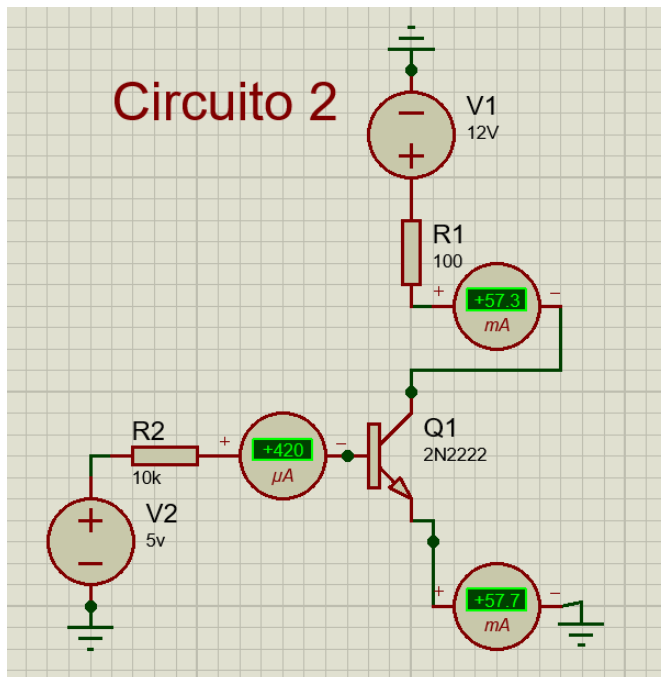
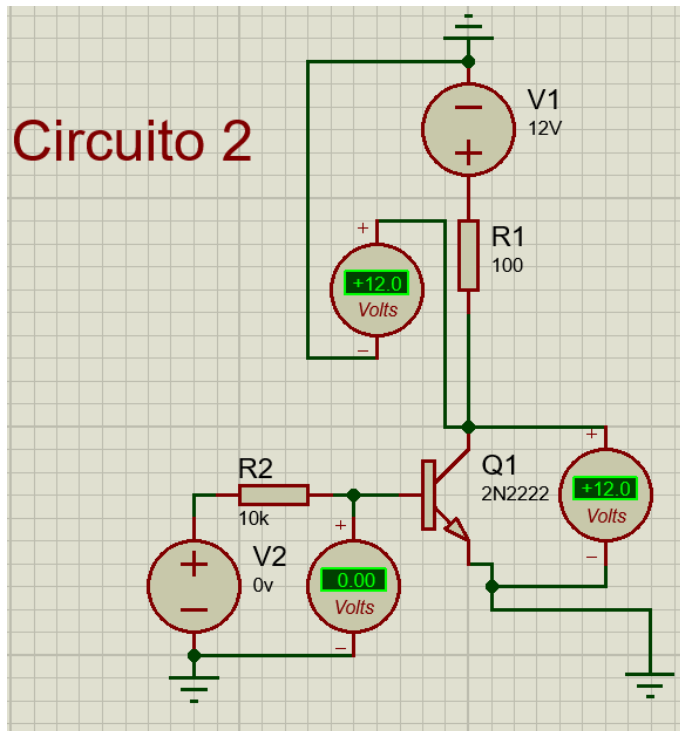
$$T = \frac{1}{0.5} = 2 \text{ segundos}$$

V. SIMULACIONES

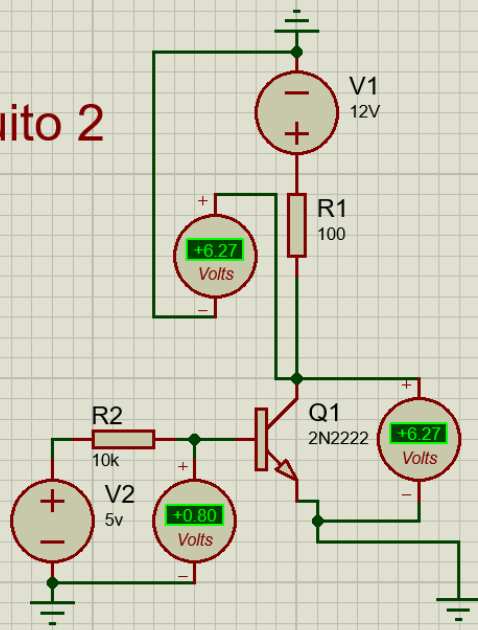
Circuito por Divisor de Voltaje.



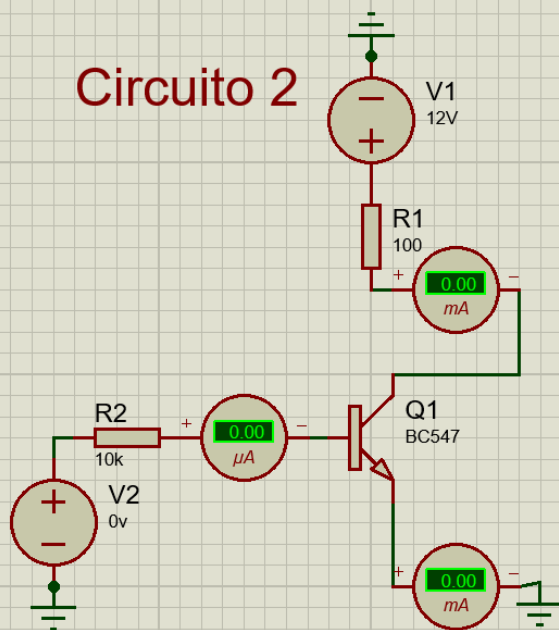
Análisis del transistor en corte y saturación.



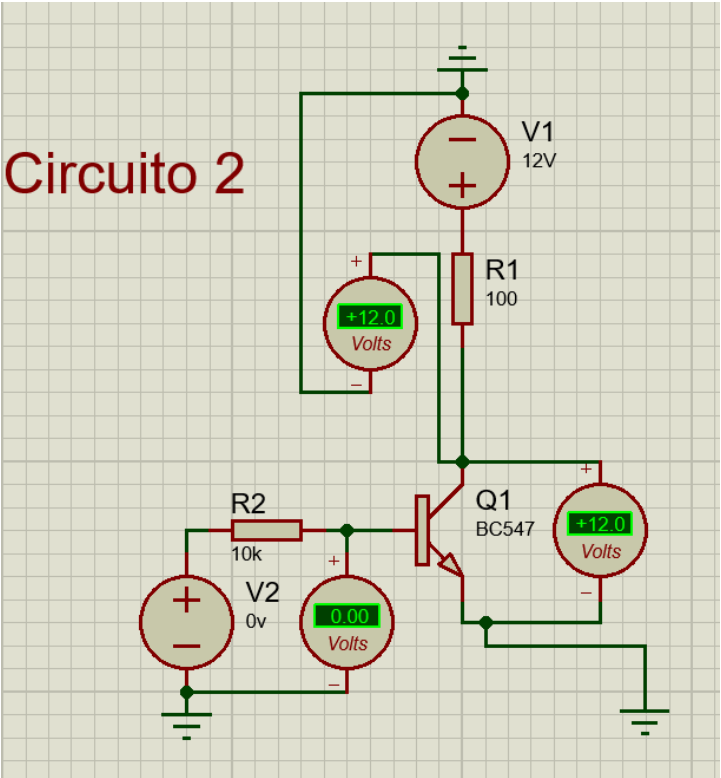
Circuito 2



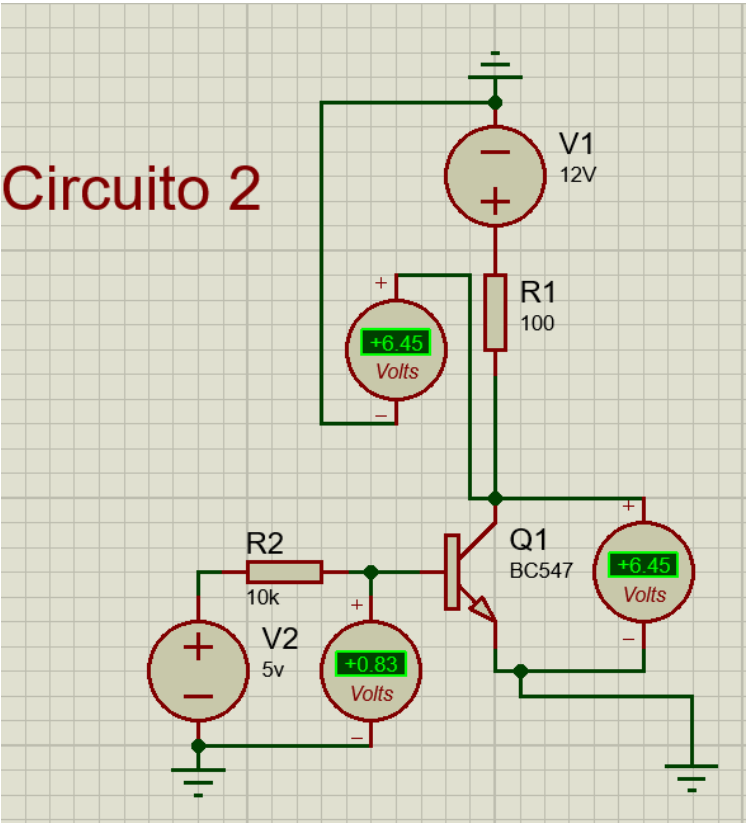
Circuito 2



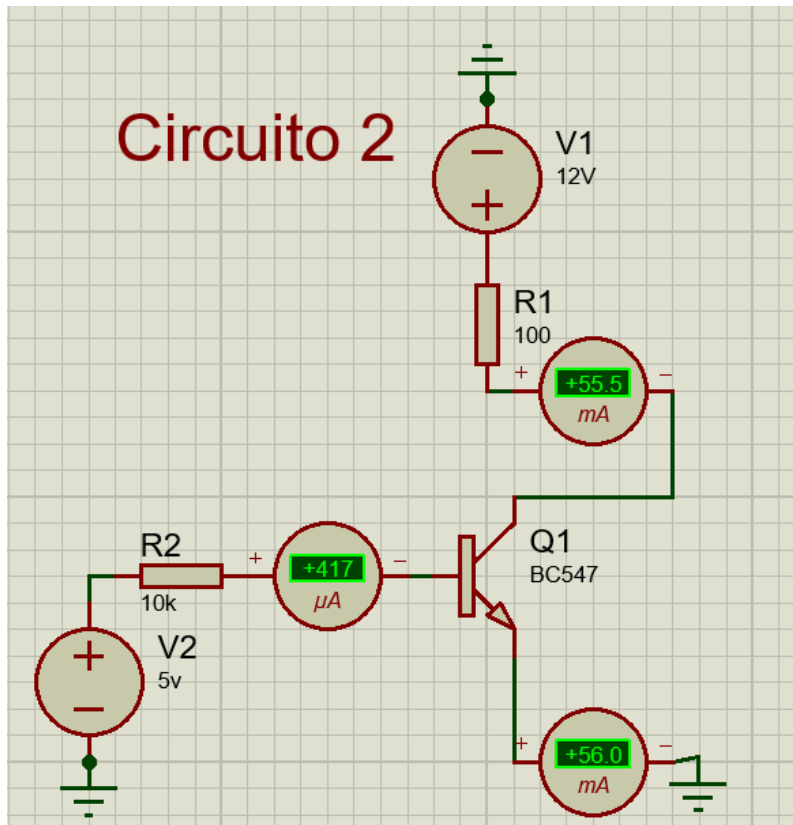
Circuito 2



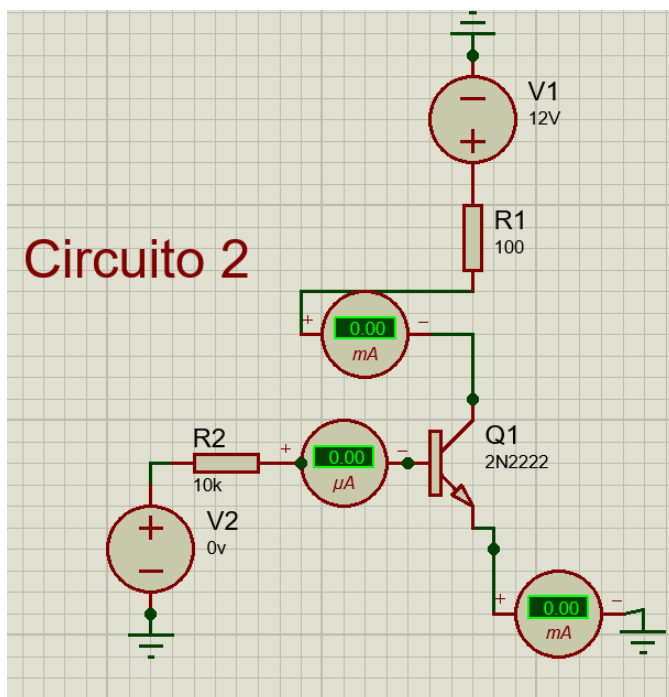
Circuito 2



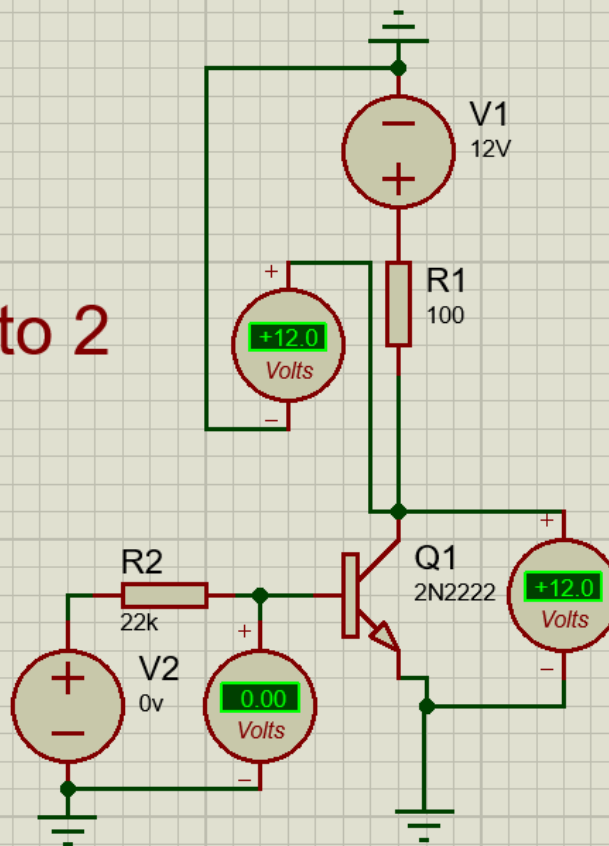
Circuito 2



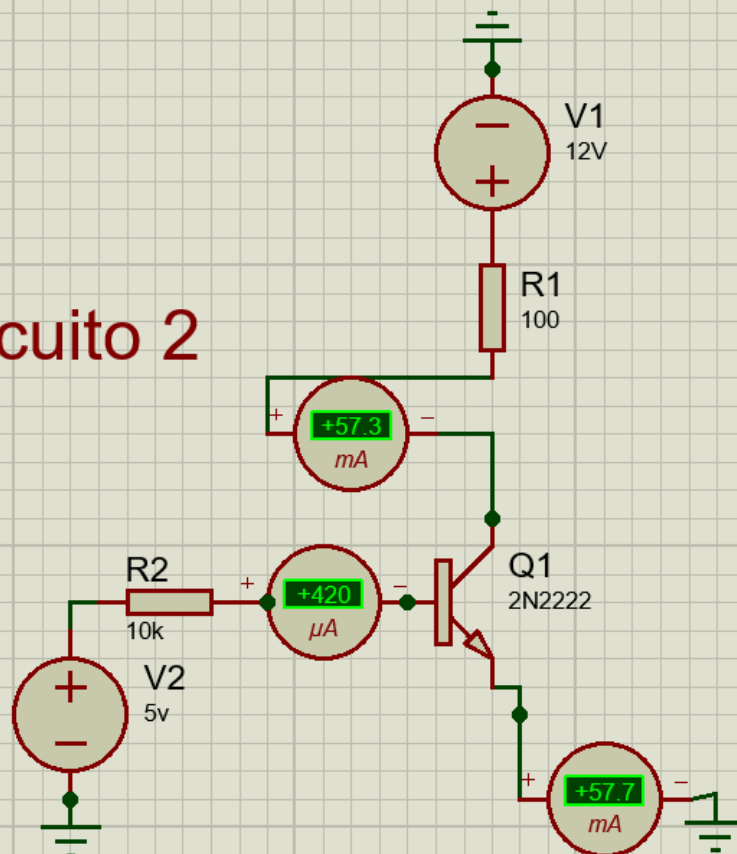
Circuito 2



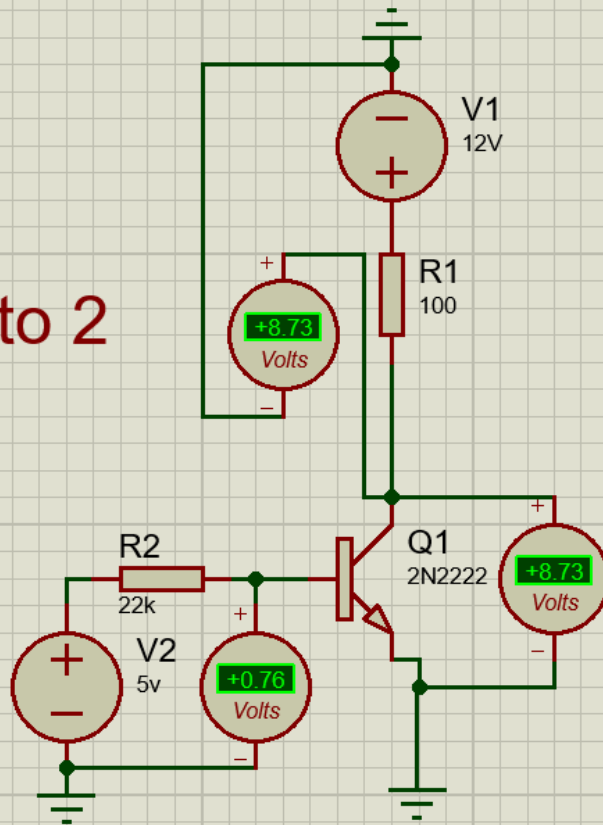
Circuito 2



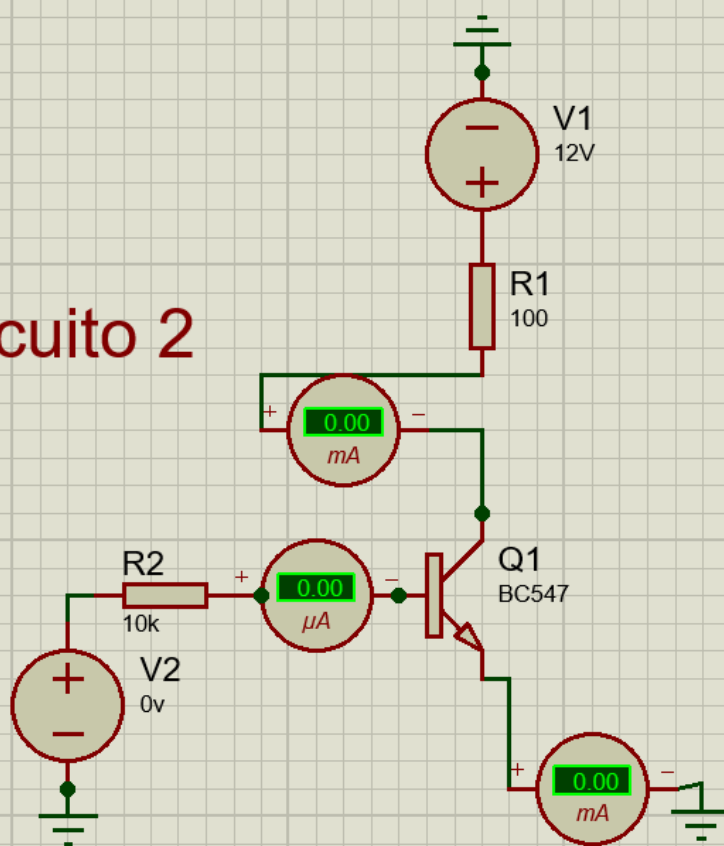
Circuito 2



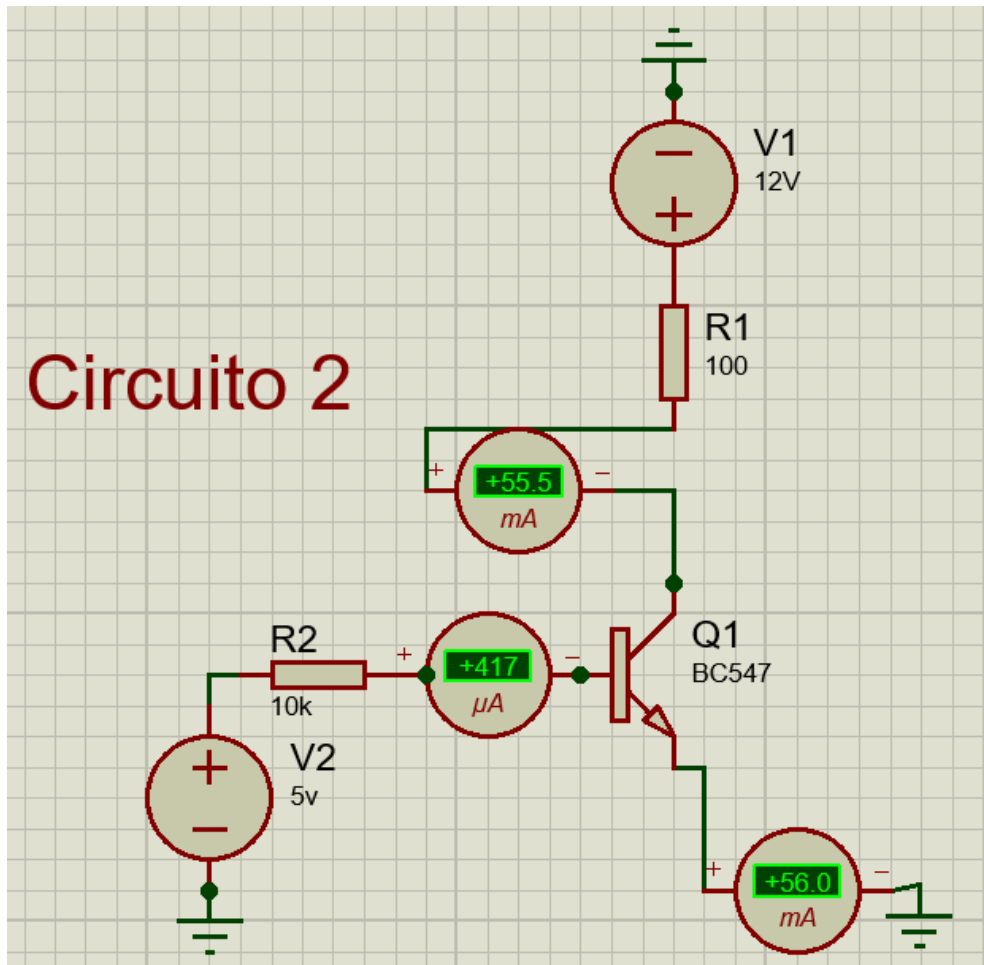
Circuito 2



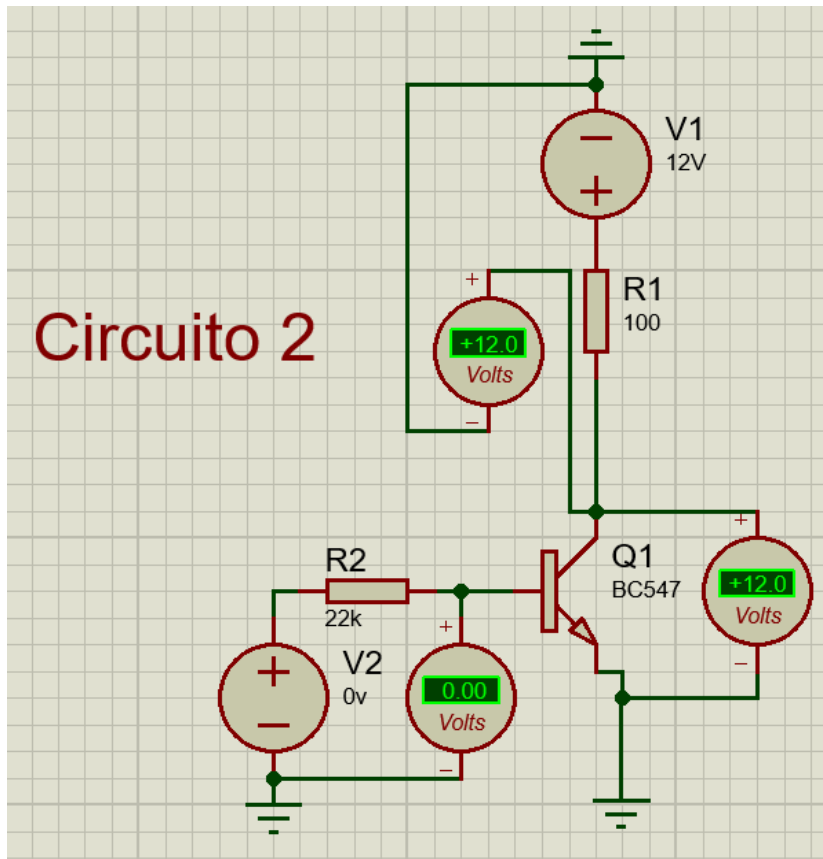
Circuito 2



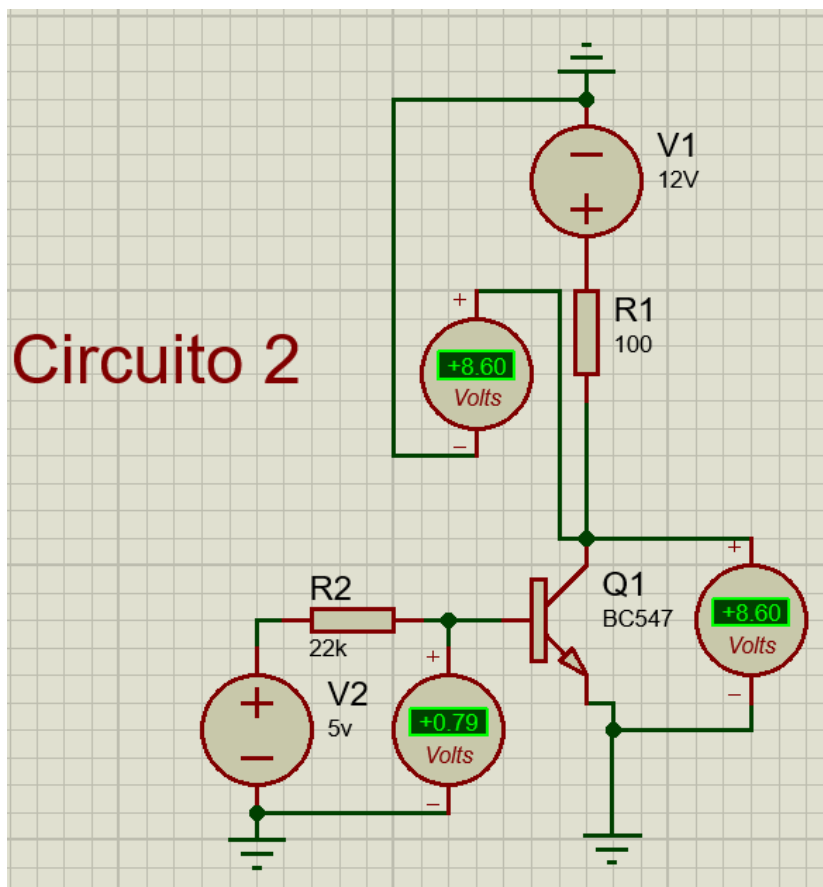
Circuito 2



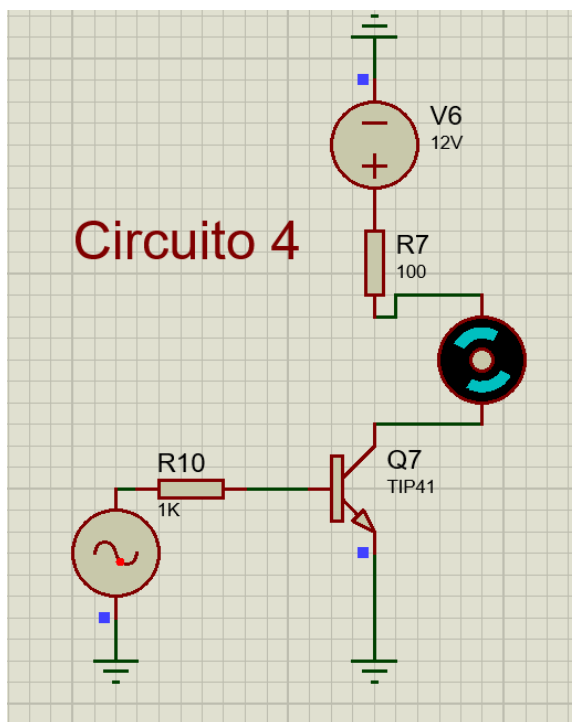
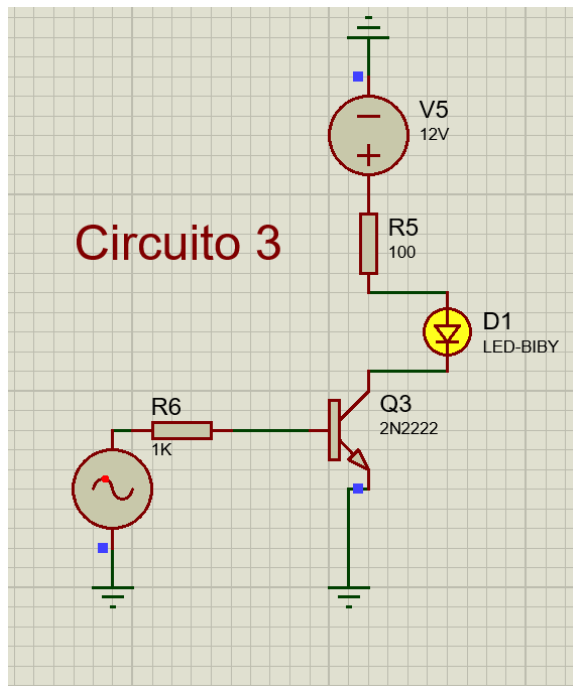
Circuito 2



Circuito 2



Circuitos Prácticos.



VI. CUESTIONARIO

1. ¿Cuál es la razón de la polarización del transistor?

La principal razón de la polarización del transistor es que al suministrar las tensiones adecuadas y conectar las resistencias oportunas, el transformador pueda funcionar dentro de los límites indicados en su

diseño de forma que la señal aplicada a la entrada no resulte deformada a la salida.

2. ¿Qué nos representa la β (beta) del transistor?

Representa la eficiencia del transistor, relacionando la corriente de colector con la corriente de base.

3. ¿Qué nos representa la α (alfa) del transistor?

Representa la ganancia estática de corriente de un transistor en la configuración de base común.

4. Menciona qué es el punto de operación del transistor

Es el punto que se obtiene a partir de los valores de la I_C (corriente del colector) y V_{CE} (voltaje colector-emisor) cuando sin señal se da a la entrada.

5. ¿Qué es la zona de saturación de un transistor bipolar?

Se da cuando el transistor tiene una corriente de colector (I_C) máxima y un voltaje colector emisor (V_{CE}) mínima o casi nula.

6. ¿Qué es la zona de corte de un transistor bipolar?

Se da cuando el transistor tiene una corriente de colector (I_C) mínima y un voltaje colector emisor (V_{CE}) máxima.

7. ¿Qué diferencia existe entre el transistor 2N2222 y el TIP41?

La diferencia recae en el voltaje que soportan, ya que mientras el 2N2222 está diseñado para trabajar con voltajes relativamente bajos, el TIP41 está diseñado para soportar voltajes más altos, es por eso que a este último se le conoce como transistor de potencia.

8. Menciona 3 aplicaciones de circuitos en conmutación

- A. Podría ser en un circuito que controle el encendido y apagado de las luces de un semáforo.
- B. Un circuito que controle el motor de algún robot que deba únicamente moverse durante un tiempo ya predefinido.
- C. Se podría implementar en fábricas que utilicen motores para controlar el movimiento de las bandas transportadoras ya que debería de encenderse y apagarse constantemente en intervalos de tiempo iguales.

VII. CONCLUSIONES

En esta práctica pudimos observar el funcionamiento del transistor como un tipo de interruptor, haciéndolo trabajar en sus zonas de saturación y corte para permitir o impedir el paso de la corriente eléctrica a través de él. También pudimos observar el funcionamiento del transistor en conmutación, algo que destacar de este circuito es que coincidió que hubo una cierta amplificación en el voltaje de salida además de un desfase en la señal.

Consideramos que este tema de los transistores es fundamental comprenderlo en gran parte porque es uno de los temas principales en la electrónica no solo analógica, también en la digital, ya que son prácticamente la base de un circuito.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- 1) <https://cifpn1.com/electronica/?p=2783>
- 2) https://www.ecured.cu/Transistor_bipolar
- 3) <http://mdgomez.webs.uvigo.es/DEI/Guias/tema5.pdf>
- 4) <https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/transistor-bipolar-bjt-npn/>
- 5) <https://illustrationprize.com/es/344-operating-point-in-transistor.html#:~:text=D,efinici%C3%B3n%3A%20El%20punto%20que%20se,punto%20Q%20en%20un%20transistor.>