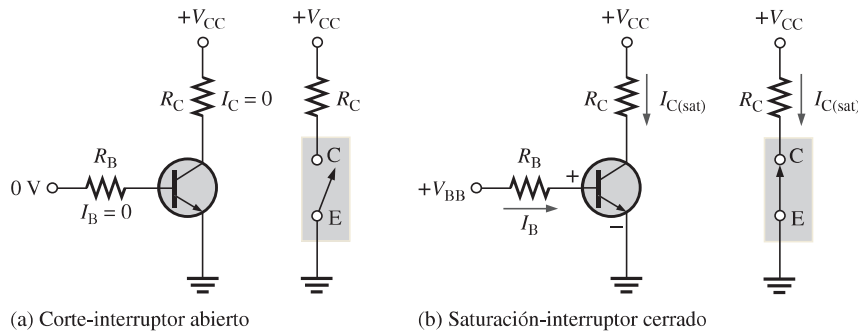


La figura 4-23 ilustra la operación básica de un BJT como dispositivo de conmutación. En la parte a), el transistor está en la región de corte porque la unión base-emisor no está polarizada en directa. En esta condición, existe, idealmente, una *abertura* entre el colector y el emisor, como lo indica el equivalente de interruptor. En la parte b), el transistor está en la región de saturación porque la unión base-emisor y la unión base-colector están polarizadas en directa y la corriente en la base llega a ser suficientemente grande para provocar que la corriente en el colector alcance su valor de saturación. En esta condición, existe, idealmente, un *corto* entre el colector y el emisor, como lo indica el equivalente de interruptor. En realidad, normalmente ocurre una pequeña caída de voltaje a través del transistor de unos cuantos décimos de volt, la cual es el voltaje de saturación, $V_{CE(sat)}$.



◀ FIGURA 4-23

Acción de conmutación de un transistor ideal.

Condiciones en corte

Como se mencionó, un transistor está en la región de corte cuando la unión base-emisor no está polarizada en directa. Si se ignora la corriente de fuga, todas las corrientes son cero y V_{CE} es igual a V_{CC} .

$$V_{CE(corte)} = V_{CC}$$

Ecuación 4-8

Condiciones en saturación

Como ya lo aprendió, cuando la unión base-emisor está polarizada en directa y existe suficiente corriente en la base para producir una corriente máxima en el colector, el transistor está en saturación. La fórmula para la corriente de saturación de colector es

$$I_{C(sat)} = \frac{V_{CC} - V_{CE(sat)}}{R_C}$$

Ecuación 4-9

Puesto que $V_{CE(sat)}$ es muy pequeño comparado con V_{CC} , casi siempre puede ser despreciado.

El valor máximo de la corriente en base requerida para producir saturación es

$$I_{B(mín)} = \frac{I_{C(sat)}}{\beta_{CD}}$$

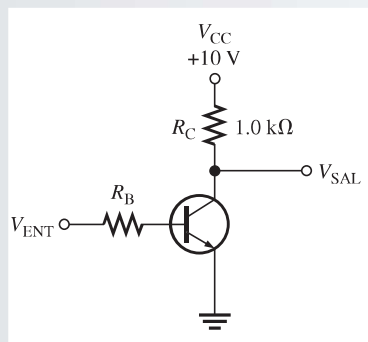
Ecuación 4-10

Normalmente, I_B debe ser significativamente más grande que $I_{B(mín)}$ para garantizar que el transistor esté en saturación.

EJEMPLO 4-10

- Para el circuito con transistor de la figura 4-24, ¿cuál es V_{CE} cuando $V_{ENT} = 0$ V?
- ¿Qué valor mínimo de I_B se requiere para llevar a saturación este transistor si β_{CD} es de 200? Desprecie $V_{CE(sat)}$
- Calcule el valor máximo de R_B cuando $V_{ENT} = 5$ V.

► FIGURA 4-24



Solución (a) Cuando $V_{ENT} = 0$ V, el transistor está en corte (actúa como un interruptor abierto) y

$$V_{CE} = V_{CC} = 10 \text{ V}$$

(b) Como $V_{CE(sat)}$ es despreciado (que se supone es de 0 V),

$$I_{C(sat)} = \frac{V_{CC}}{R_C} = \frac{10 \text{ V}}{1.0 \text{ k}\Omega} = 10 \text{ mA}$$

$$I_{B(mín)} = \frac{I_{C(sat)}}{\beta_{CD}} = \frac{10 \text{ mA}}{200} = 50 \mu\text{A}$$

Éste es el valor de I_B necesario para llevar al transistor al punto de saturación. Cualquier incremento adicional de I_B garantizará que el transistor permanezca en saturación pero no puede ser cualquier incremento adicional de I_C .

(c) Cuando el transistor está prendido, $V_{BE} \cong 0.7$ V. El voltaje a través de R_B es

$$V_{R_B} = V_{ENT} - V_{BE} \cong 5 \text{ V} - 0.7 \text{ V} = 4.3 \text{ V}$$

Calcule el valor máximo de R_B requerido para permitir una I_B mínima de $50 \mu\text{A}$ utilizando la ley de Ohm como sigue:

$$R_{B(máx)} = \frac{V_{R_B}}{I_{B(mín)}} = \frac{4.3 \text{ V}}{50 \mu\text{A}} = 86 \text{ k}\Omega$$

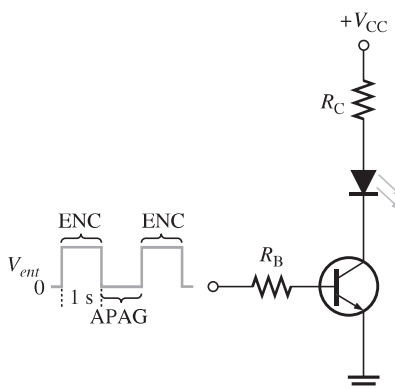
Problema relacionado Determine el valor mínimo de I_B requerido para llevar a saturación el transistor de la figura 4-24 si β_{CD} es de 125 y $V_{CE(sat)}$ es de 0.2 V.

Una aplicación simple de un interruptor con un transistor

El transistor de la figura 4-25 se utiliza como interruptor para encender y apagar un LED. Por ejemplo, se aplica un voltaje de entrada de onda cuadrada con un periodo de 2 s a la entrada, co-

► FIGURA 4-25

Un transistor utilizado para prender y apagar un LED.



mo se indica. Cuando la onda cuadrada es de 0 V, el transistor está en corte; y en vista de que no hay corriente en el colector, el LED no emite luz. Cuando la onda cuadrada alcanza un nivel alto, el transistor se va a saturación. Esto polariza en directa el LED, y la corriente resultante en el colector que pasa a través del LED hace que emita luz. De este modo, el LED prende durante 1 segundo y se apaga durante 1 segundo.

EJEMPLO 4-11

El LED de la figura 4-25 requiere 30 mA para emitir un nivel de luz suficiente. Por consiguiente, la corriente en el colector debe ser aproximadamente de 30 mA. Con los siguientes valores para el circuito, determine la amplitud del voltaje de entrada de onda cuadrada necesario para asegurarse de que el transistor se vaya a saturación. Use el doble del valor mínimo de la corriente en la base como margen de seguridad para asegurar la saturación. $V_{CC} = 9\text{ V}$, $V_{CE(\text{sat})} = 0.3\text{ V}$, $R_C = 220\ \Omega$, $R_B = 3.3\text{ k}\Omega$, $\beta_{CD} = 50$ y $V_{LED} = 1.6\text{ V}$.

Solución

$$I_{C(\text{sat})} = \frac{V_{CC} - V_{LED} - V_{CE(\text{sat})}}{R_C} = \frac{9\text{ V} - 1.6\text{ V} - 0.3\text{ V}}{220\ \Omega} = 32.3\text{ mA}$$

$$I_{B(\text{mín})} = \frac{I_{C(\text{sat})}}{\beta_{DC}} = \frac{32.3\text{ mA}}{50} = 646\ \mu\text{A}$$

Para garantizar la saturación, use dos veces el valor de $I_{B(\text{mín})}$, el cual es 1.29 mA. Use la ley de Ohm para resolver para V_{ent}

$$I_B = \frac{V_{R_B}}{R_B} = \frac{V_{ent} - V_{BE}}{R_B} = \frac{V_{ent} - 0.7\text{ V}}{3.3\text{ k}\Omega}$$

$$V_{ent} - 0.7\text{ V} = 2I_{B(\text{mín})}R_B = (1.29\text{ mA})(3.3\text{ k}\Omega)$$

$$V_{ent} = (1.29\text{ mA})(3.3\text{ k}\Omega) + 0.7\text{ V} = \mathbf{4.96\text{ V}}$$

Problema relacionado

Si cambia el LED de la figura 4-25 por uno que requiere 50 mA para una emisión de luz especificada y no puede incrementar la amplitud de entrada a más de 5 V o V_{CC} a más de 9 V, ¿cómo modificaría el circuito? Especifique el componente o componentes que cambiaría y el valor o los valores.



Abra el archivo Multisim E04-11 de la carpeta “Examples” del CD-ROM. Utilizando una entrada de onda cuadrada de 0.5 Hz con la amplitud calculada verifique que el transistor conmute entre corte y saturación, y que el LED se encienda y apague alternadamente.

REPASO DE LA SECCIÓN 4-5

1. Cuando se utiliza un transistor como interruptor, ¿en cuáles dos estados es operado?
2. ¿Cuándo es máxima la corriente en el colector?
3. ¿Cuándo es la corriente en el colector aproximadamente cero?
4. ¿En qué condición es $V_{CE} = V_{CC}$?
5. ¿Cuándo es mínimo V_{CE} ?

4-6 EL FOTOTRANSISTOR

Un fototransistor es similar a un BJT regular excepto porque la corriente en la base es producida y controlada por luz en lugar de por una fuente de voltaje. El fototransistor efectivamente convierte la energía luminosa en una señal eléctrica.