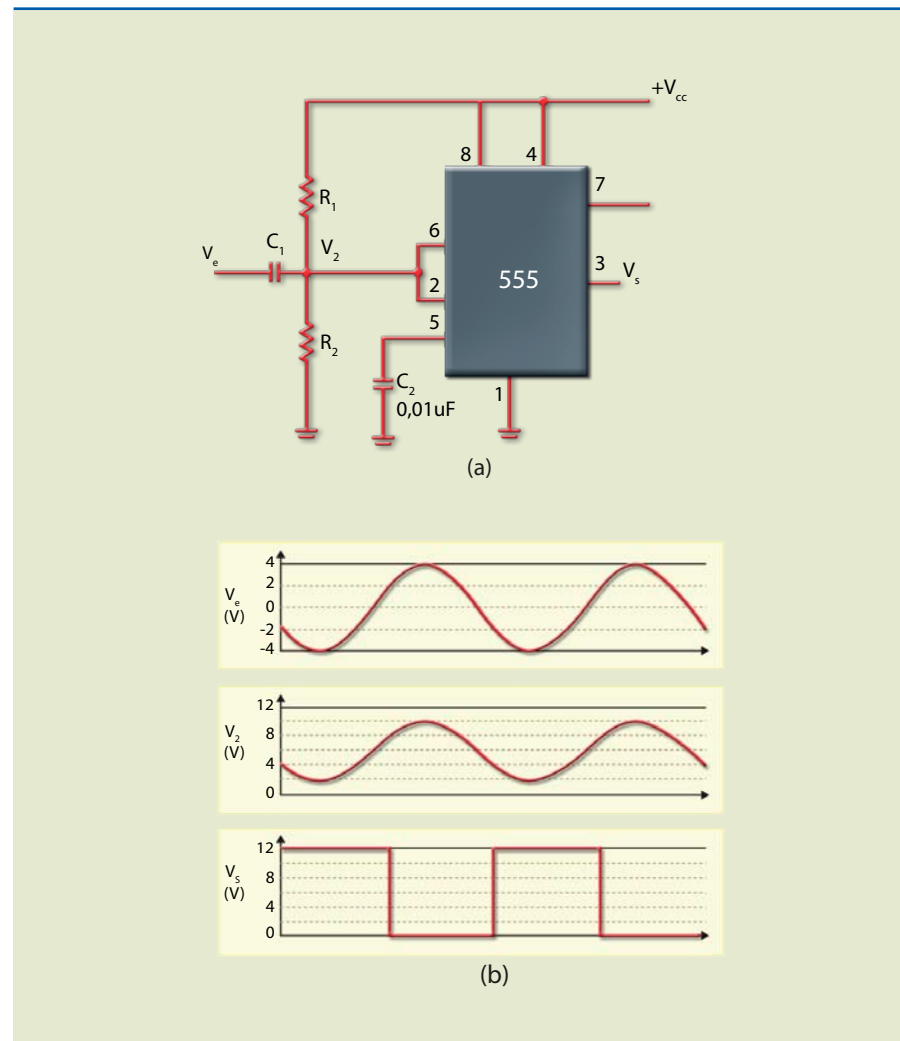


Figura 8.21

Schmitt Trigger:
 a) circuito e
 b) formas de onda.



Capítulo 9

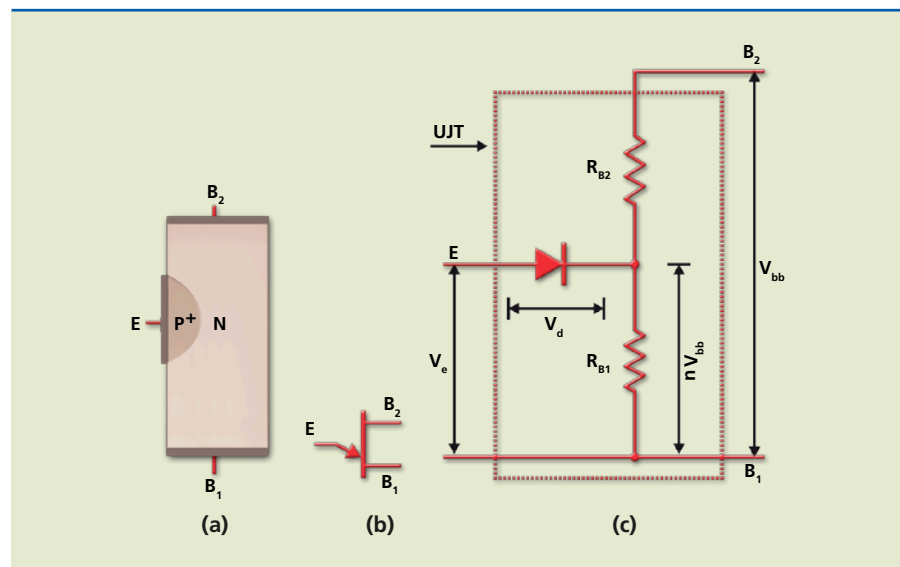
Transistor unijunção



Como o nome diz, o transistor unijunção (UJT) tem somente uma junção. Sua estrutura física se constitui de uma barra de material N levemente dopada, na qual são difundidas impurezas tipo P com maior concentração que o material N. Existe também o UJT complementar, em que a barra é de material P e a base de material N. A figura 9.1 mostra a estrutura física, o símbolo e o circuito equivalente.

Figura 9.1

- UJT:
 a) estrutura física,
 b) símbolo e
 c) circuito equivalente.



Observe na figura 9.1a que E é o terminal de emissor, B₁ o terminal de base 1 e B₂ o terminal de base 2.

A barra de uma extremidade à outra tem uma resistência chamada de resistência interbases (R_{BB}), igual a R_{B1} + R_{B2}, em que R_{B1} representa a resistência da junção até a base 1 e R_{B2}, a resistência da junção até a base 2. O valor da resistência interbases está entre 5 e 10 kΩ.

No circuito equivalente da figura 9.1c, o diodo representa a junção, e os resistores em série R_{B1} e R_{B2}, a resistência interbases entre B₁ e B₂.

O funcionamento do UJT pode ser descrito em três etapas:

1. Quando, inicialmente, não há tensão aplicada no UJT, se for colocado um ohmímetro entre B₁ e B₂, a resistência medida será R_{BB}.

2. Se entre as bases for aplicada uma tensão V_{BB}, com o emissor aberto entre as resistências R_{B1} e R_{B2}, aparecerá uma tensão, chamada de razão intrínseca de disparo, dada por:

$$V_{RB1} = \frac{R_{B1}}{R_{B1} + R_{B2}} \cdot V_{BB} = \eta \cdot V_{BB}$$

em que $\eta = \frac{R_{B1}}{R_{B1} + R_{B2}}$, com η valendo entre 0,6 e 0,8.

3. Se for aplicada uma tensão V_e a partir de zero, quando a tensão for igual a V_d + η · V_{BB}, o diodo ficará polarizado e começará a conduzir. A partir desse momento, a ação de regeneração (realimentação positiva) fará com que a corrente de emissor se eleve, sendo limitada unicamente por R_{B1}. Dizemos, então, que o UJT disparou. O UJT voltará ao corte se a tensão de emissor ficar abaixo de uma tensão denominada tensão de vale (V_v). A figura 9.2a mostra a curva característica com a indicação dos principais pontos e a figura 9.2b, a família de curvas do dispositivo 2N2646.

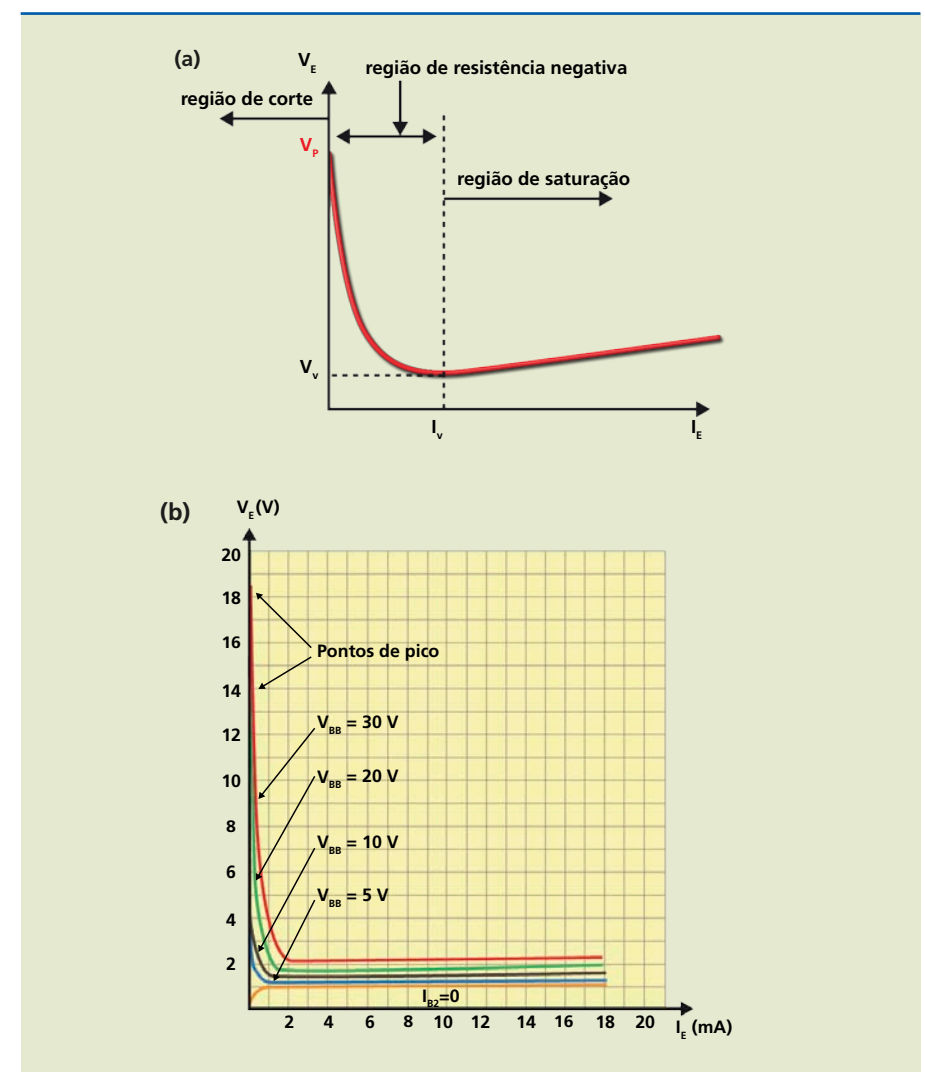


Figura 9.2

- a) Curva característica de um UJT e
 b) curvas do UJT 2N2646.

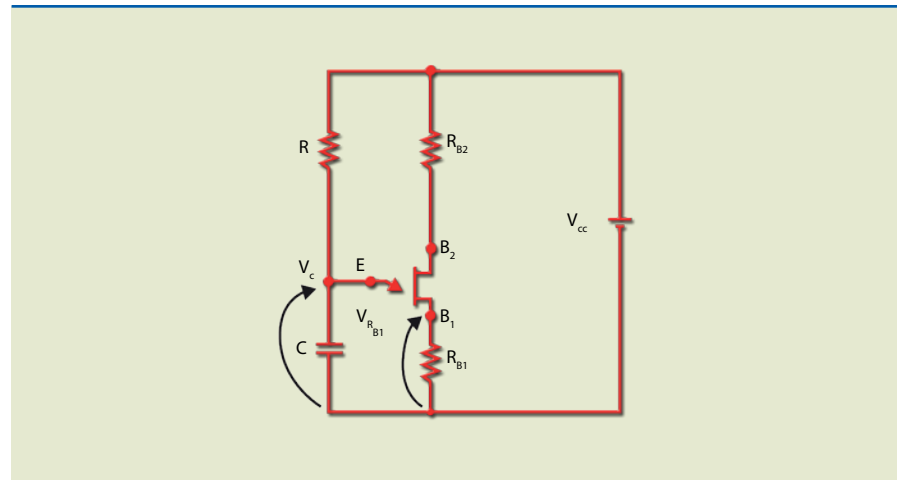


9.1 Oscilador de relaxação

As principais aplicações do UJT são como oscilador e temporizador. A figura 9.3 ilustra o circuito básico do oscilador de relaxação.

Figura 9.3

Circuito básico do oscilador de relaxação.

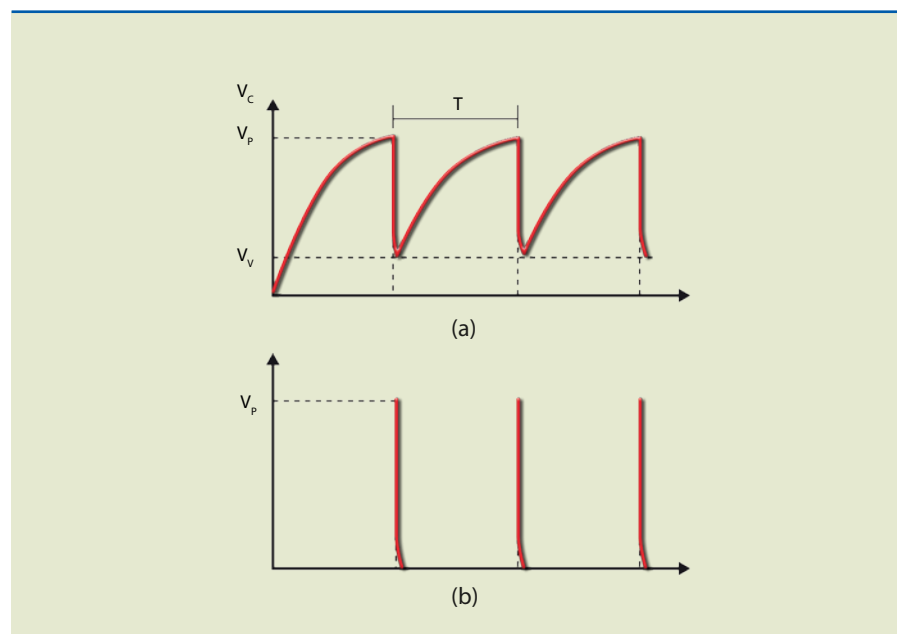


Para entendermos o funcionamento do oscilador de relaxação, vamos considerar que, ao ligarmos o circuito, o capacitor está descarregado. Como, nessas condições, $V_e = 0$, o UJT está cortado, e o capacitor C começa a se carregar com constante de tempo $R \cdot C$. Quando a tensão em C atinge a tensão de disparo V_p , o UJT conduz bruscamente e o capacitor passa a se descarregar pelo UJT e pela resistência R_{B1} (com valor entre 27 e 47 Ω). Quando a tensão no capacitor fica abaixo da tensão de vale, o UJT corta e a carga do capacitor recomeça. No entanto, a partir do valor de tensão V_v , o ciclo se repete.

A figura 9.4 mostra as formas de onda no capacitor e em R_{B1} .

Figura 9.4

Formas de onda do oscilador de relaxação:
a) capacitor e
b) R_{B1} .



O período das oscilações é calculado por:

$$T = R \cdot C \cdot \ln \frac{1}{1 - \eta}$$

Ao realizar a configuração do circuito descrito na figura 9.3, o resistor R_{B1} deve, em geral, ser menor que 100 Ω , e o resistor R , maior que 3 k Ω e menor que 3 M Ω . O limite inferior do resistor R é definido para que o UJT não sature, isto é, se R ficar abaixo desse valor, o UJT pode disparar, entrando na região de saturação e impossibilitando que o dispositivo oscile. Já o limite superior do resistor R é estabelecido para que a corrente de emissor seja maior que a corrente no ponto de pico (I_p). A faixa da tensão de alimentação costuma ser de 10 a 35 V. Essa faixa é determinada levando em consideração que o sinal deve ter amplitude aceitável e que o valor máximo é limitado pela máxima potência que o UJT pode dissipar.

O resistor R_{B2} é usado para compensar a variação em V_p segundo a temperatura, pois V_p diminui com a temperatura e R_{B2} aumenta.

9.2 Gerador de dente de serra

Uma onda da tensão dente de serra tem a forma indicada na figura 9.5. A elevação da tensão é linear e com tempo de subida (T_s), normalmente chamado de tempo de traço (tem a ver com o dente de serra do osciloscópio), muito maior que o tempo de descida (T_d), em geral denominado tempo de retraço.

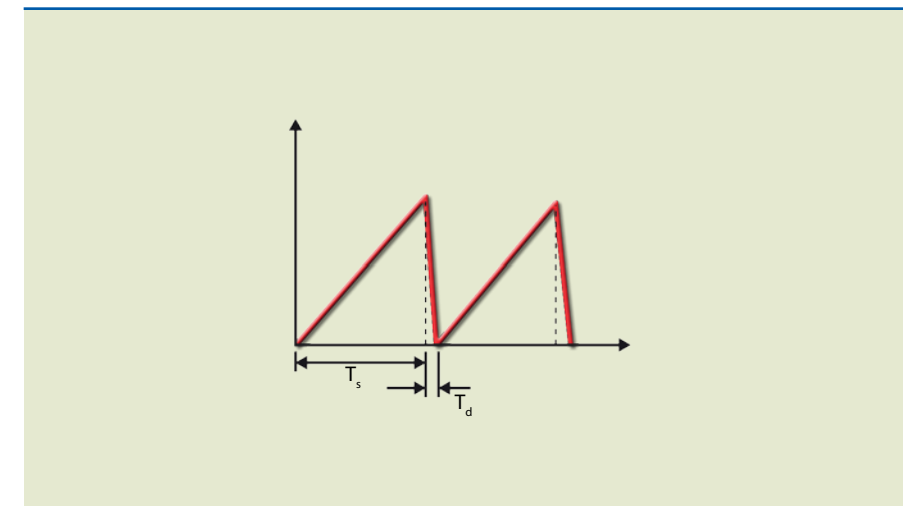


Figura 9.5

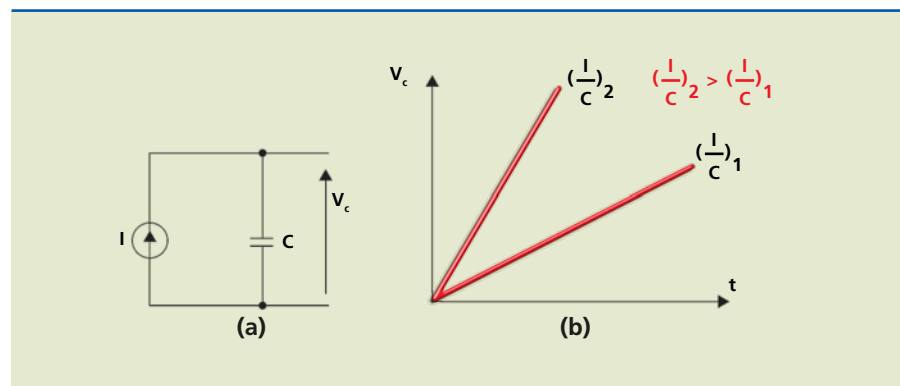
Forma de onda da tensão dente de serra.

Pode-se obter uma forma de onda dente de serra de vários modos, todos eles baseados na maneira como o capacitor se comporta enquanto está se carregando. Se o capacitor se carrega por meio de uma resistência, a tensão cresce exponencialmente, pois a corrente de carga sobre o capacitor não é constante. Se a carga é feita por uma corrente constante, a tensão varia linearmente com o tempo, como ilustrado na figura 9.6.



Figura 9.6

(a) Carga de um capacitor por uma corrente constante e (b) tensão de acordo com o tempo.



A tensão no capacitor de acordo com o tempo quando um capacitor é carregado por uma corrente constante I é dada por:

$$V_c = \frac{I}{C} \cdot t$$

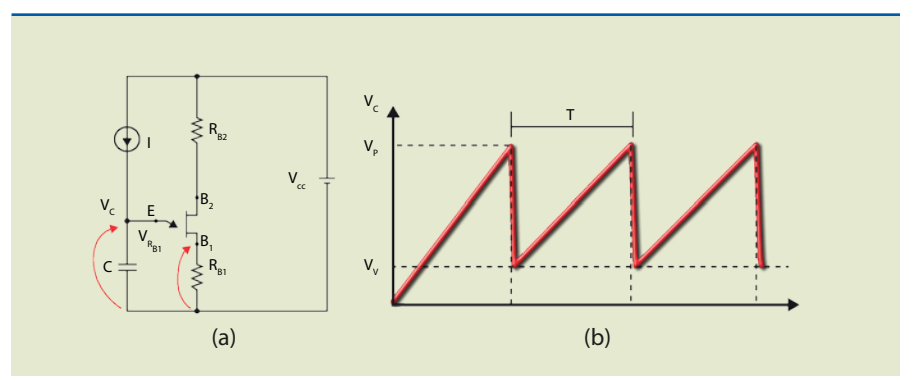
Essa expressão representa uma reta, em que $\frac{I}{C}$ é a inclinação da reta.

Logo, a carga será rápida se a corrente for alta e/ou o capacitor tiver valor baixo.

No circuito da figura 9.7a, a resistência R do circuito 9.3 foi substituída pela fonte de corrente I . A figura 9.7b apresenta o gráfico da tensão no capacitor.

Figura 9.7

Oscilador dente de serra: (a) circuito e (b) forma de onda no capacitor.



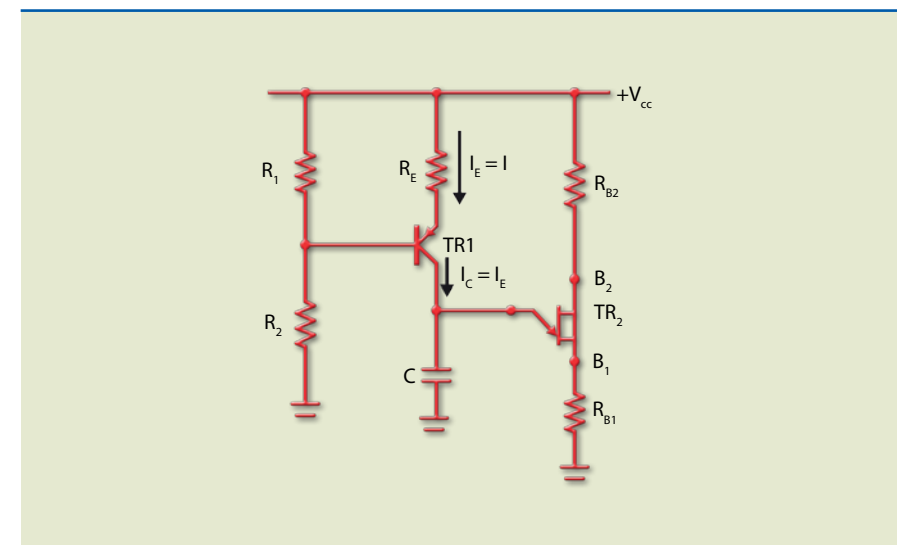
Pode-se determinar o período das oscilações pela expressão:

$$T = \frac{(V_p - V_v) \cdot C}{I}$$

A figura 9.7a mostra o símbolo de uma fonte de corrente, porém esse componente não existe na prática. Portanto, é necessário montar uma fonte de corrente utilizando alguns dispositivos eletrônicos. A figura 9.8 ilustra o gerador de dente de serra com uma fonte de corrente prática.

Figura 9.8

Circuito prático do gerador de dente de serra.



Exemplo

No circuito da figura 9.8, considere: $R_1 = 2 \text{ k}$, $R_2 = 10 \text{ k}$, $R_E = 500 \Omega$, $C = 200 \text{ nF}$, $R_{B1} = 33 \Omega$, $R_{B2} = 1 \text{ k}$, $V_{CC} = 12 \text{ V}$, UJT com $\eta = 0,8$ e $V_V = 2 \text{ V}$ e $V_{BE} = V_D = 0,7 \text{ V}$. Desenhe o gráfico da tensão no capacitor indicando os principais valores de tempo e tensão.

Solução:

Para calcularmos o período, devemos admitir $I = I_E = I_C$.

No circuito da figura 9.9:

$$V_{R1} = \frac{2 \text{ k}}{2 \text{ k} + 10 \text{ k}} \cdot 12 = 2 \text{ V}$$

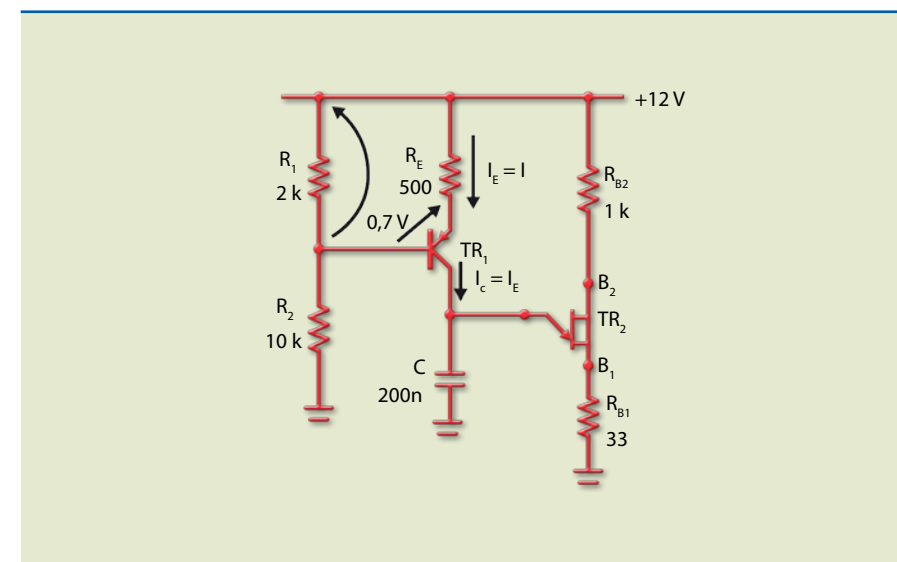


Figura 9.9

