

Sumário

Introdução	5
Multivibrador monoestável	6
Princípio de funcionamento	7
Estado de repouso	7
Disparo do monoestável	9
Apêndice	16
Questionário	16
Bibliografia	16



Espaço SENAI

Missão do Sistema *SENAI*

Contribuir para o fortalecimento da indústria e o desenvolvimento pleno e sustentável do País, promovendo a educação para o trabalho e a cidadania, a assistência técnica e tecnológica, a produção e disseminação de informação e a adequação, geração e difusão de tecnologia.

Introdução

Alguns edifícios utilizam um tipo especial de circuito para o acionamento das lâmpadas de corredor. Quando ligadas por um indivíduo, as lâmpadas voltam a apagar-se depois de determinado intervalo de tempo, assim permanecendo até que o interruptor seja novamente acionado.

O multivibrador monoestável é um temporizador que permite, por exemplo, implementar o controle de iluminação descrito anteriormente, e este fascículo trata do princípio de funcionamento desse circuito.



Para a boa compreensão do conteúdo e desenvolvimento das atividades contidas neste fascículo, o leitor deverá estar familiarizado com os conceitos relativos a:

- Dinâmica de carga e descarga em capacitores.
- Circuito integrador e diferenciador.
- Multivibrador biestável.

Multivibrador monoestável

O multivibrador monoestável é um circuito que possui um estado estável e outro semi-estável que dura apenas um determinado intervalo de tempo. Um dos estados permanece estável na ausência de um estímulo externo. A aplicação de um pulso de disparo de curta duração leva o circuito a um estado semi-estável que dura certo intervalo de tempo, após o qual o circuito retorna ao seu estado estável, conforme ilustrado na **Fig.1**.

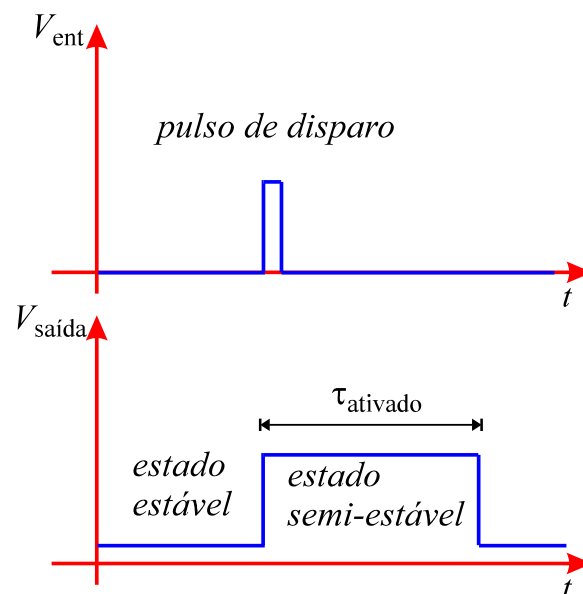


Fig.1 Tensão gerada em um multivibrador monoestável submetido a um pulso de disparo.

O tempo $\tau_{ativado}$ indicado na **Fig.1** corresponde ao tempo de permanência no estado semi-estável, e depende dos parâmetros elétricos dos elementos de circuito.

A **Fig.2** mostra um tipo de multivibrador monoestável alimentado apenas por uma fonte *cc*. É importante observar que esse circuito possui apenas um elo de realimentação resistivo, entre o coletor de T_2 e a base de T_1 . O outro elo de realimentação é feito através de um capacitor.

O capacitor C_1 mostrado na **Fig.2** é um elemento fundamental do monoestável, conforme discutido a seguir.

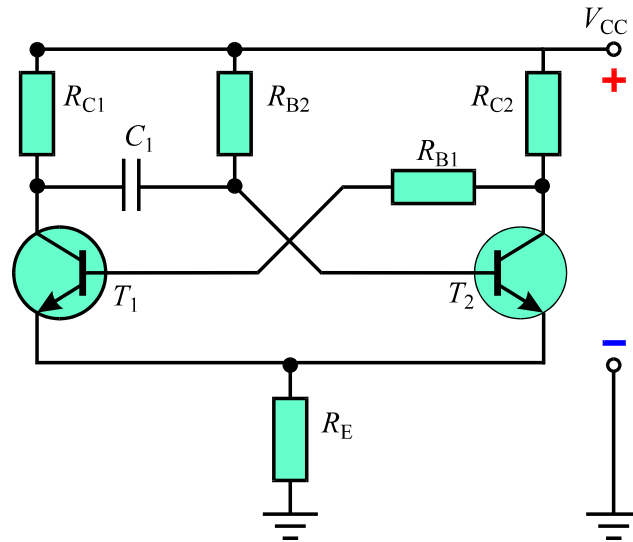


Fig.2 Diagrama de circuito de um multivibrador monoestável.

PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

ESTADO DE REPOUSO

A princípio não é possível determinar o estado inicial do multivibrador monoestável. Portanto, para analisar o comportamento do circuito, admite-se inicialmente a existência do estado estável, com T_2 saturado e T_1 no regime de corte, e os parâmetros elétricos indicados na **Fig.3**.

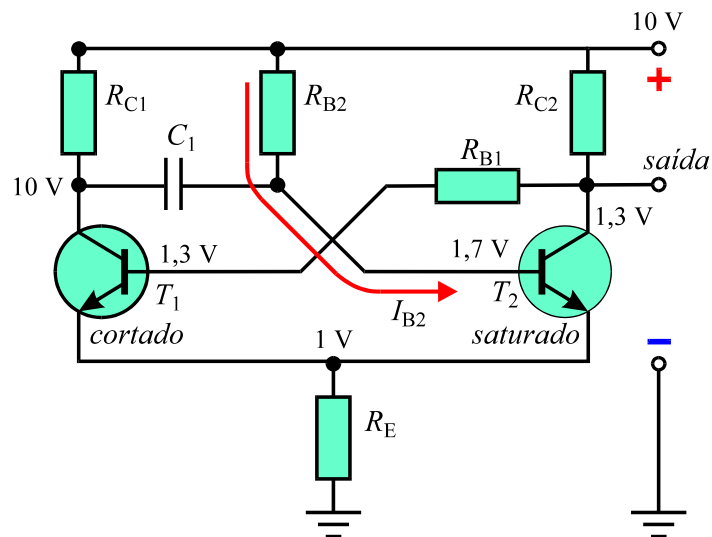


Fig.3 Exemplo de um multivibrador monoestável operando no estado estável.


Admite-se que as condições de operação do circuito da **Fig.3** resultam em uma queda de tensão de 1 V no resistor R_E . Dessa forma, para que o transistor T_2 esteja saturado, e T_1 no regime de corte, as condições listadas na **Tabela 1** devem ser satisfeitas.

Tabela 1 Potenciais elétricos nos terminais dos transistores da **Fig.3**.

Potencial	Transistor T_1	Transistor T_2
V_E	1,0 V	1,0 V
V_B	1,3 V	1,7 V
V_C	10 V	1,3 V
$V_{BE} = V_B - V_E$	0,3 V (corte)	0,7 V (saturação)
$V_{CE} = V_C - V_E$	9,0 V (corte)	0,3 V (saturação)

Na **Fig.3**, o capacitor C_1 está carregado, bloqueando portanto o fluxo de corrente entre os seus terminais. Como a tensão $V_{BE1} = 0,3$ V no transistor T_1 é muito pequena para provocar a condução na junção base-emissor daquele transistor, o transistor T_1 permanece no regime de corte. Dessa forma a corrente de base I_{B2} necessária para a saturação de T_2 flui inteiramente através de R_{B2} , conforme se pode observar na **Fig.3**, o que configura a condição de estabilidade do circuito.

O estado estável permanece inalterado enquanto não houver um estímulo externo. Alguns autores denominam o estado estável do multivibrador monoestável de **estado de repouso**.

 **Um multivibrador monoestável permanece no estado de repouso enquanto não receber um pulso de disparo externo.**

Os gráficos mostrados na **Fig.4** ilustram a dependência com o tempo das tensões existentes nos dois transistores durante o estado estável.

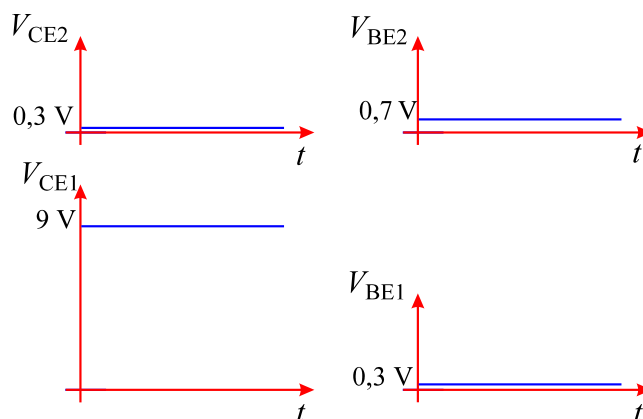


Fig.4 Tensões nos transistores da **Fig.3** durante a permanência do circuito no estado estável.

DISPARO DO MONOESTÁVEL

Um pulso de disparo de curta duração, adequadamente aplicado, é capaz de produzir a passagem do circuito monoestável para o estado semi-estável.

Para analisar o comportamento do circuito perante um estímulo externo, é fundamental notar que o capacitor C_1 está inicialmente carregado e submetido a uma tensão de 8,3 V, conforme indicado na **Fig.5**. Como pode ser aí observado, essa condição mantém o terminal a do capacitor a um potencial de 10 V, que é 8,3 V superior ao potencial de 1,7 V do terminal b .

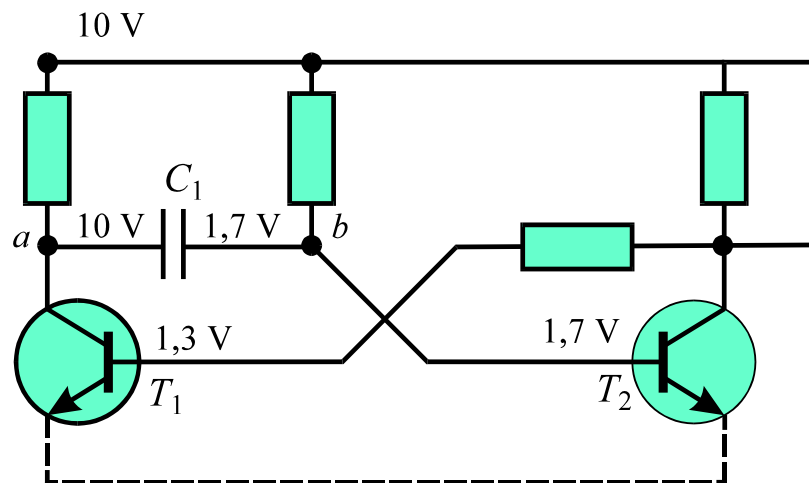


Fig.5 Porção simplificada do circuito da **Fig.3**.

Existem várias maneiras possíveis de disparar o monoestável, incluindo:

- A aplicação de um pico de tensão positiva no emissor de ambos os transistores.
- A aplicação de um pico de tensão negativa na base do transistor saturado.

Um pico de tensão positiva nos emissores dos transistores pode ser obtido através de um circuito diferenciador, de forma semelhante àquela adotada para disparar um multivibrador biestável.

A **Fig.6** mostra um circuito diferenciador, formado pelo capacitor C_E e o resistor R_E , utilizado para provocar o disparo do monoestável, através dos emissores dos dois transistores.

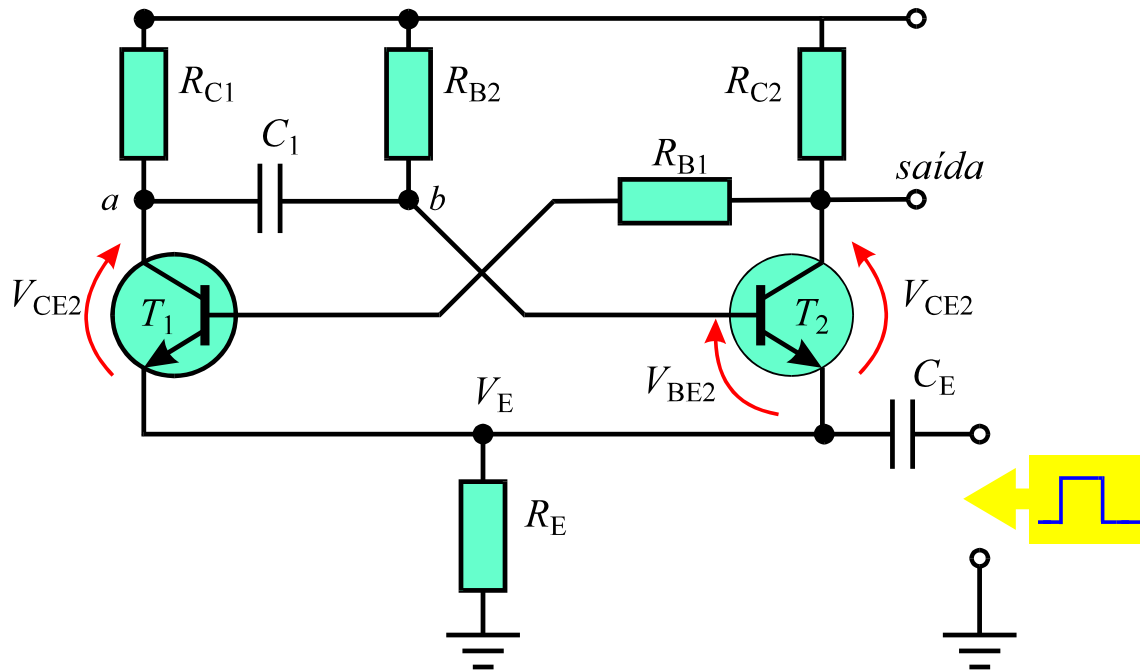


Fig.6 Multivibrador monoestável, com circuito diferenciador de disparo.

Na transição positiva do pulso de entrada, mostrado na Fig.6, o diferenciador provoca um pico de tensão positiva nos emissores dos dois transistores. O rápido aumento no potencial do terminal do emissor do transistor T_2 provoca uma súbita diminuição da tensão V_{BE2} , que atinge um valor praticamente nulo. A Fig.7 mostra os sinais gerados nos terminais de T_2 , a partir da aplicação do pulso de disparo.

Essa súbita diminuição em V_{BE2} faz que o transistor T_2 passe rapidamente da condição de saturação para a condição de corte, o que provoca brusco aumento na tensão V_{CE2} .

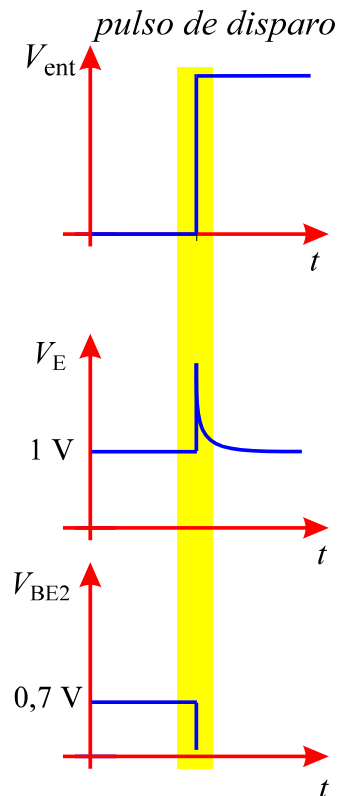


Fig.7 Sinais inicialmente gerados no transistor T_2 por um pulso de disparo.

Como resultado, o alto valor do potencial do terminal de coletor de T_2 provoca grande aumento na corrente I_{B1} que flui para o terminal de base de T_1 que o leva rapidamente à condição de saturação, conforme ilustrado na **Fig.8**. O circuito dessa forma troca de estado, com o transistor T_1 saturando e o transistor T_2 entrando no regime de corte.

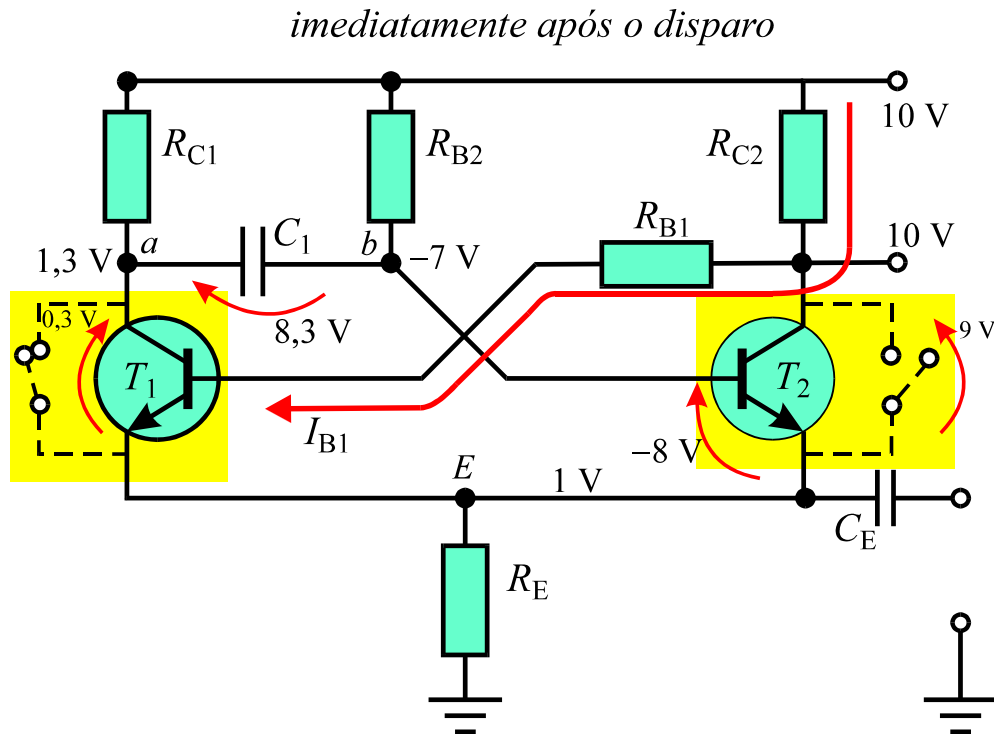


Fig.8 Estado produzido no multivibrador, imediatamente após a aplicação de um pulso de disparo na entrada do circuito.

Como o pico de tensão de disparo é de curta duração, em princípio o circuito tenderia a voltar imediatamente ao seu estado estável. Entretanto, ao saturar, o transistor T_1 , que agora se comporta como uma chave fechada, praticamente curto-circuita o terminal a do capacitor ao terminal E , comum aos dois emissores, conforme se pode observar na **Fig.8**.

Uma vez que o capacitor não pode descarregar-se instantaneamente, a tensão entre seus terminais tende a permanecer no valor inicial de 8,3 V. Com base na **Fig.8**, a condição de saturação de T_1 implica $V_{CE1} \approx 0,3$ V, de forma que o terminal b do capacitor fica submetido a um potencial elétrico 8,0 V inferior ao terminal E do circuito, como indicado na **Fig.8**.

Como o terminal *b* do capacitor está conectado à base de T_2 , tem-se que

$$V_{BE1} = V_b - V_E = -8 \text{ V}$$

indicando que a junção base-emissor do transistor T_2 fica momentaneamente submetida a uma tensão negativa. As alterações induzidas em T_2 pelo pulso de disparo estão representadas na **Fig.9**.

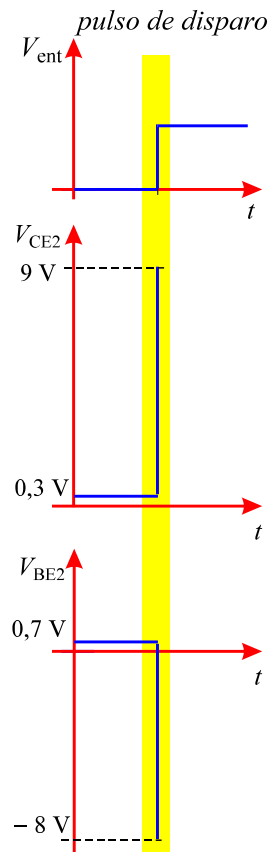


Fig.9 Tensões induzidas sobre T_2 , durante a transição do pulso de disparo.

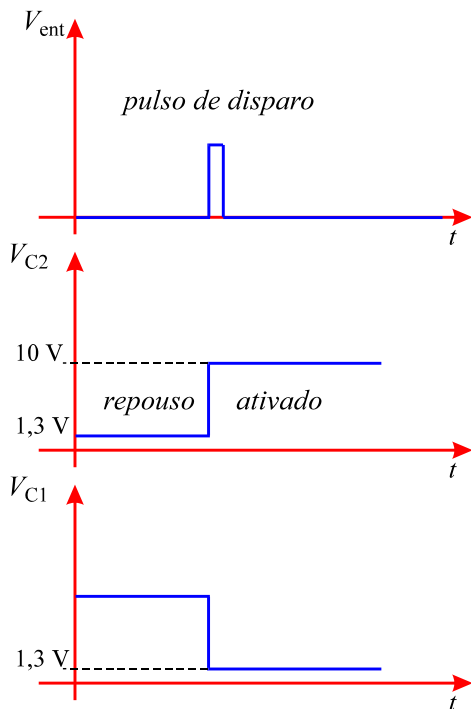


Fig.10 Sinais induzidos no multivibrador.

É importante notar que o valor negativo da tensão V_{BE2} não altera a condição de corte do transistor T_2 , após o término da transição do pulso de entrada. Dessa forma, o circuito permanece **ativado** em um estado semi-estável, conforme ilustrado na **Fig.10**.

O tempo que o monoestável permanece ativado, depende dos valores da capacitância C_1 e da resistência R_{B2} , porque assim que T_1 satura, a armadura negativa de C_1 começa a acumular a carga resultante da corrente que flui através de R_{B2} , conforme ilustrado na **Fig.11**.

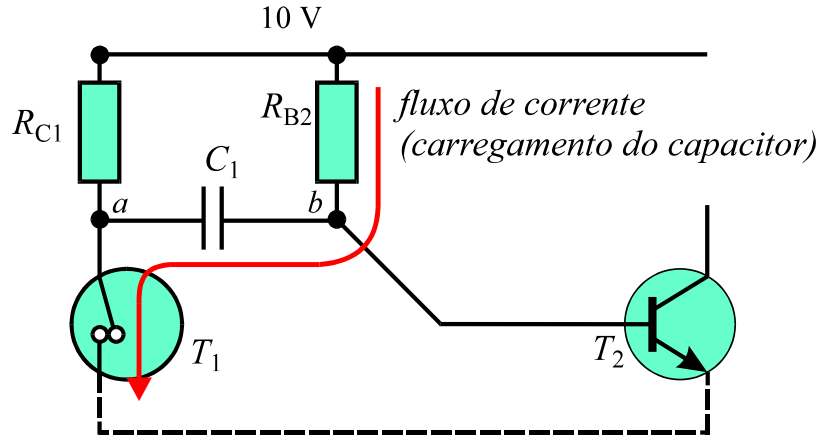


Fig.11 Fluxo de corrente através do capacitor C_1 do multivibrador.

A corrente de carga do capacitor começa a aumentar o potencial do terminal b de C_1 , provocando o mesmo efeito no terminal da base de T_2 , conforme ilustrado na **Fig.12**.

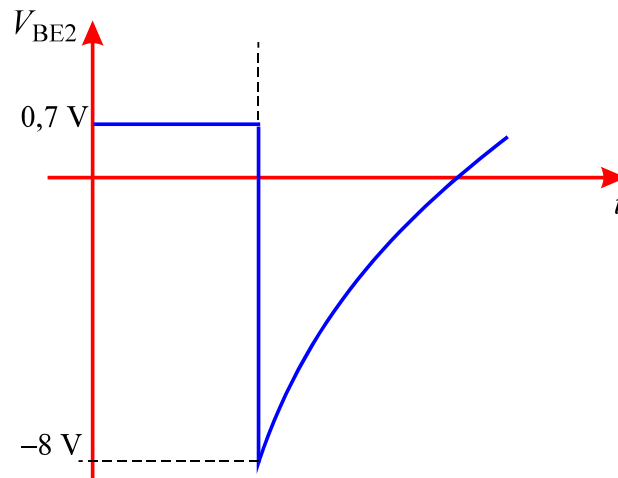


Fig.12 Dependência temporal da tensão V_{BE1} , resultante do processo de carga do capacitor C_1 do multivibrador.

Como se pode observar na **Fig.12**, após algum tempo, o potencial do terminal b do capacitor torna-se novamente positivo, até que a tensão V_{BE2} atinja novamente o valor de 0,7 V, suficiente para promover T_2 à condição de saturação, o que corresponde a transição do transistor T_1 de volta ao regime de corte.

O tempo que o sistema permanece ativado pode ser determinado a partir de uma análise da dinâmica de carga do capacitor da **Fig.11**. Dessa análise, conclui-se que, para um valor qualquer da tensão de alimentação V_{CC} , o tempo de permanência do sistema no estado ativado é dado por

$$\tau_{\text{ativado}} = R_{B2} C_1 \ln \left(\frac{2V_{CC} - V_{\gamma}}{V_{CC} - V_{\gamma}} \right) \quad (1)$$

onde V_{γ} é a tensão base-emissor que satura o transistor T_2 , e que vale 0,7 V para transistores de silício.

Para o caso da **Fig.11**, $V_{CC} = 10$ V, satisfazendo a condição $V_{CC} \gg V_{\gamma}$. Sendo essa a situação que ocorre na prática, podem-se fazer as seguintes aproximações:

$$\begin{aligned} 2V_{CC} - V_{\gamma} &\approx 2V_{CC} \\ V_{CC} - V_{\gamma} &\approx V_{CC} \end{aligned}$$

e a **Eq.(1)** assume a forma aproximada

$$\tau_{\text{ativado}} = R_{B2} C_1 \ln 2$$

ou equivalentemente,

$$\tau_{\text{ativado}} = 0,693 R_{B2} C_1 \quad (2)$$

É importante notar da **Eq.(2)** que nessa aproximação, o tempo de permanência do sistema no estado ativado é praticamente independente do valor da tensão de alimentação do monoestável.

Imediatamente após o corte do transistor T_1 , o capacitor C_1 começa a se carregar através do resistor R_{C1} , conforme indicado na **Fig.13**. Nesse processo, a tensão no coletor de T_1 aumenta até atingir o valor da tensão de alimentação. O tempo de recuperação do sistema τ_{rec} , corresponde a aproximadamente cinco constantes de tempo da malha do circuito indicada na **Fig.13**, ou seja,

$$\tau_{\text{rec}} = 5R_{C1}C_1 \quad (3)$$

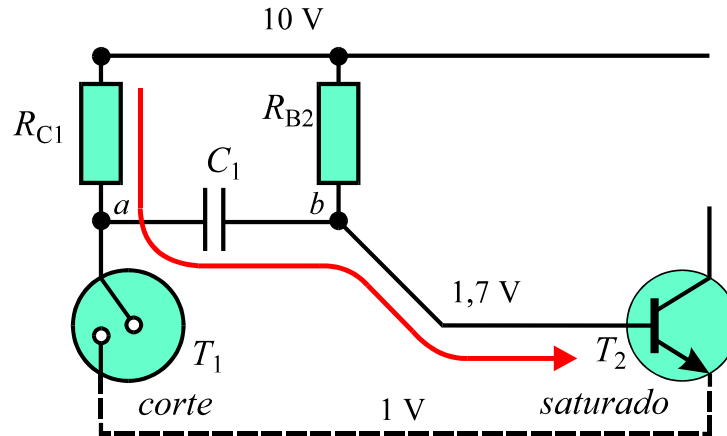


Fig.13 Processo de carga do capacitor C_1 durante a recuperação do estado estável do multivibrador.

A **Fig.14** mostra as formas de onda geradas no multivibrador a partir da aplicação do pulso de disparo nos terminais emissores dos transistores do circuito.

O multivibrador monoestável é muito utilizado, por exemplo, na implementação de circuitos de acionamento temporário de lâmpadas de corredor em edifícios residenciais ou comerciais. As lâmpadas são acionadas quando um indivíduo toca no botão do interruptor, o que produz o pulso de disparo de curta duração para o circuito monoestável. Nesses sistemas, as lâmpadas permanecem acesas durante um tempo tipicamente não superior a 1 minuto, tempo em geral suficiente para que o indivíduo já se tenha retirado do corredor.

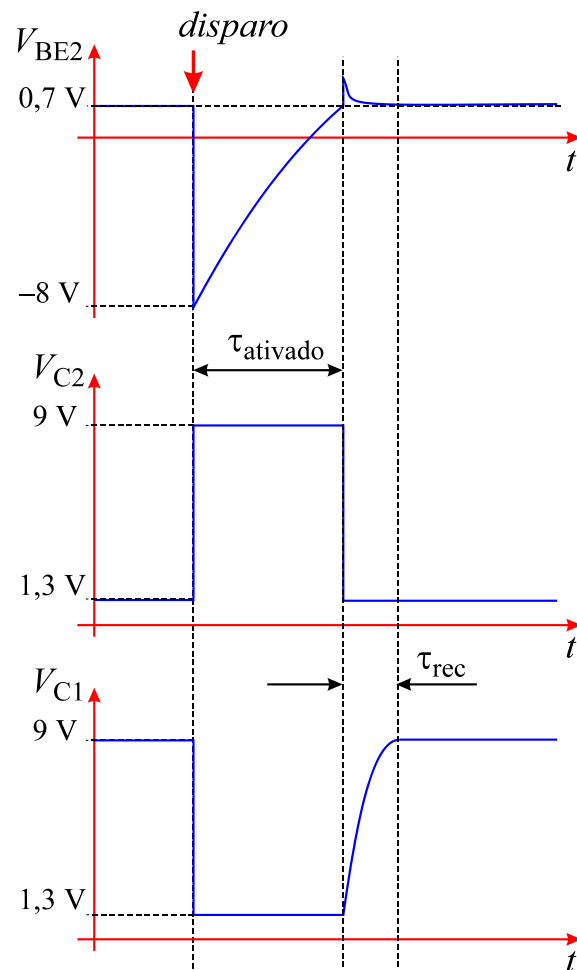


Fig.14 Tensões induzidas no monoestável pela aplicação de um pulso de disparo.

Apêndice

QUESTIONÁRIO

1. Faça o diagrama básico de circuito de um multivibrador monoestável.
2. Qual é a diferença fundamental entre os circuitos multivibradores biestável e monoestável?
3. Admitindo que os elementos de circuito da **Fig.3** sejam dados por $R_{B2}=10\text{ k}\Omega$, $R_{C1}=1\text{ k}\Omega$ e $C_1=10\mu\text{F}$, e assumindo a aplicação de um pulso de disparo no multivibrador, determine:
 - (a) o valor exato do tempo que o circuito permanece no estado ativo.
 - (b) o valor aproximado correspondente.
 - (c) o tempo de recuperação do estado estável do sistema.

BIBLIOGRAFIA

STRAUS, Leonard, Wave generation and shaping, 2ª. edição, Nova York, McGraw-Hill, 1970.

MILLMAN, Jacob e TAUB, Herbert, Pulse, digital, and switching waveforms, Nova York, McGraw-Hill, 1965.