Sumário

Introdução 5

O circuito do coletor 6

Influência da corrente de base 9

Apêndice 12

- Questionário 12
- Bibliografia 12

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

As tensões e correntes presentes nos terminais de um transistor estão diretamente relacionadas entre si. Este é o caso por exemplo, da relação existente entre as correntes no transistor que pode ser utilizada para determinar de que forma variações na corrente de base afetam as outras correntes no componente.

Para obter sucesso na montagem, teste ou reparo de circuitos transistorizados é necessário conhecer perfeitamente como e por que se relacionam as tensões e correntes em um transistor.

Este fascículo, que trata das relações entre os parâmetros de circuito do transistor bipolar, foi elaborado com o objetivo de fornecer ao leitor os conhecimentos fundamentais necessários à produção, teste e manutenção de circuitos eletrônicos.

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

- Lei de Ohm.
- Leis de Kirchhoff.
- Transistor bipolar: princípio de funcionamento.

O circuito do coletor

Na grande maioria dos circuitos transistorizados, o coletor do transistor é conectado à fonte de alimentação através de um **resistor de coletor**, representado pelo parâmetro R_C, conforme ilustrado na **Fig.1**.

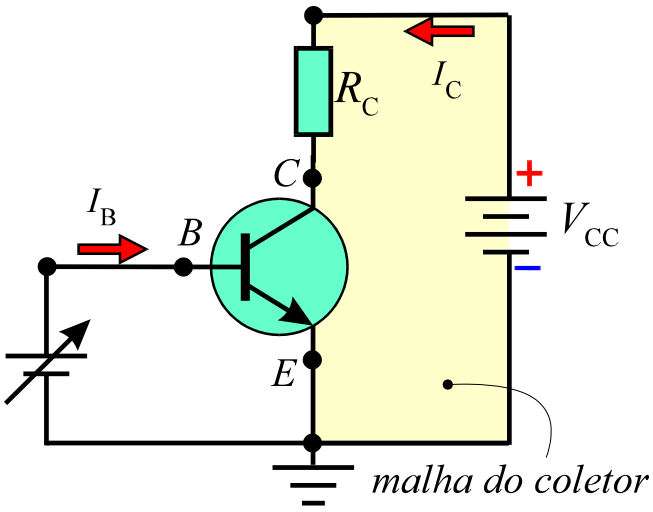

Fig.1 Circuito a transistor com resistor de coletor.

O resistor de coletor completa a **malha do coletor**, ilustrada na **Fig.1,** que é a porção do circuito composta pelo grupo de componentes onde circula a corrente de coletor. Como pode ser aí observado estes componentes são o resistor R_C, a fonte de alimentação V_{CC} e a porção do transistor entre os terminais do coletor e do emissor.

Com base na **Fig.2**, a aplicação da segunda lei de Kirchhoff à malha do coletor fornece

$$V_{CC} = V_{Rc} + V_{CE} \qquad (1)$$

onde:

- V_{CC} representa a tensão da fonte de alimentação.
- V_{Rc} representa a queda de tensão no resistor R_C.
- V_{CE} representa a tensão coletor-emissor.

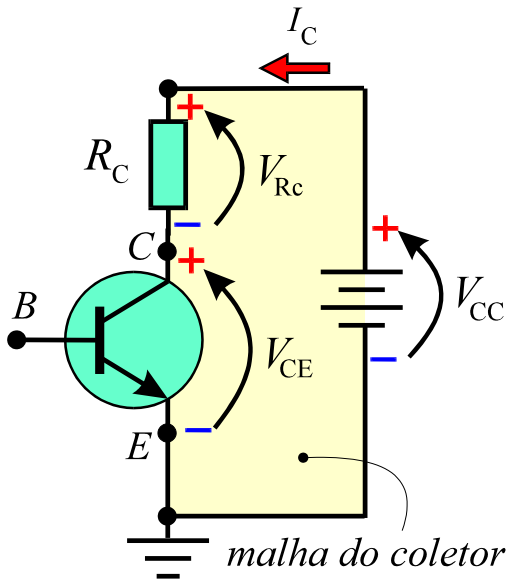

Fig.2 Parâmetros de circuito da malha do coletor.

Desprezando-se a resistência interna da fonte de alimentação, a tensão por ela fornecida independe da corrente solicitada pelo circuito. Da lei de Ohm, a queda de tensão no resistor de coletor é relacionada à corrente na malha pela relação

$$V_{Rc} = R_C I_C \qquad (2)$$

Como se pode notar da **Eq.(2)**, a queda de tensão no resistor varia proporcionalmente à corrente de coletor.

A tensão coletor-emissor V_{CE} é o último termo da equação da malha de coletor. A partir da **Eq.(1)**, tem-se que

$$V_{CE} = V_{CC} - R_C I_C \qquad (3)$$

o que indica que a tensão coletor-emissor depende dos valores da tensão de alimentação e da queda de tensão no resistor R_C.

O exemplo a seguir ilustra o emprego das equações da malha do coletor.

Exemplo 1: Para o circuito da **Fig.3**, o resistor de coletor é de 680Ω. Com a fonte de alimentação fornecendo uma tensão de 12 V, a corrente de coletor é de 6 mA. Determinar a tensão coletor-emissor.

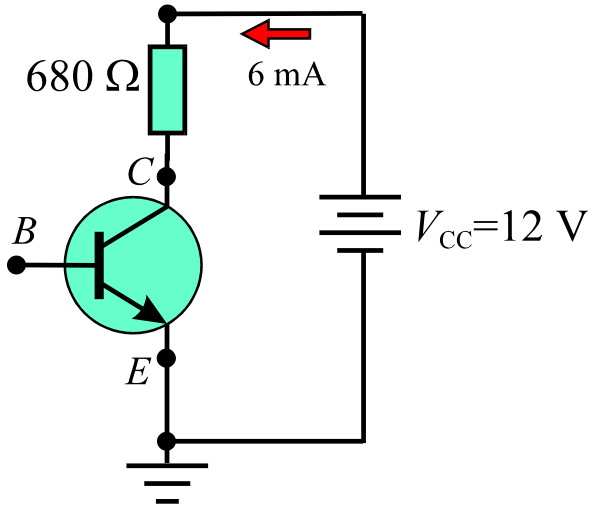

Fig.3 Circuito a transistor para o **Exemplo 1**.

A queda de tensão no resistor de coletor pode ser calculada da **Eq.(2)** resultando em

$$V_{Rc} = 680\Omega \times 0{,}006\text{A} = 4{,}08\text{ V}$$

Utilizando $V_C = 12$ V e o valor obtido para a tensão no resistor de coletor na **Eq.(3)** tem-se que

$$\boxed{V_{CE} = 12\text{V} - 4{,}08\text{V} = 7{,}92\text{V}}$$

Influência da corrente de base

Como discutido em fascículos anteriores, na região ativa a corrente de coletor é proporcional a corrente de base de acordo com a relação

$$I_C = \beta I_B \qquad (4)$$

com β representando o ganho de corrente do transistor.

Pela **Eq.(2)** a queda de tensão no resistor de coletor também é proporcional à corrente de coletor. A forma que a tensão V_{Rc} é influenciada pela corrente de base pode ser determinada inserindo a **Eq.(4)** na **Eq.(2)**, fornecendo

$$V_{Rc} = R_C I_C = R_C (\beta I_B)$$

ou alternativamente

$$V_{Rc} = (\beta R_C) I_B \qquad (5)$$

A **Eq.(5)** mostra que com valores constantes do resistor de coletor e do ganho de corrente do transistor na região ativa, a tensão no resistor de coletor é diretamente proporcional à corrente de base.

A forma que a tensão coletor-emissor é influenciada pela corrente de base pode ser obtida inserindo a **Eq.(5)** na **Eq.(3)**, resultando em

$$V_{CE} = V_{CC} - (\beta R_C) I_B \qquad (6)$$

O sinal negativo na frente do segundo termo do segundo membro da **Eq.(6)** indica que a tensão coletor-emissor diminui quando a corrente de base aumenta e aumenta quando a corrente de base diminui.

A influência da corrente de base nos parâmetros da malha do coletor, definida a partir das **Eqs.(4)** a **(6)**, pode ser representada diagramaticamente como indicado na **Tabela 1**.

Tabela 1 Influência da corrente de base nos parâmetros da malha do coletor.

I_B	I_C	V_{Rc}	V_{CE}
⇑	⇑	⇑	⇓
⇓	⇓	⇓	⇑

Exemplo 2: Para o circuito representado na **Fig.4**, a base do transistor é conectada à fonte V_{BB} por um resistor limitador R_B. Determinar os parâmetros da malha do coletor para: (a) $I_B = 40\ \mu A$, (b) $I_B = 70\ \mu A$.

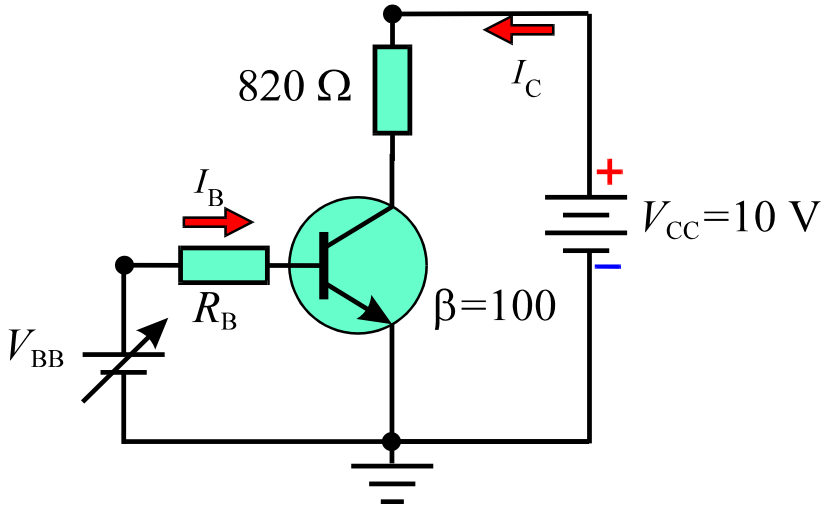

Fig.4 Circuito a transistor para o **Exemplo 2**.

(a) $I_B = 40\ \mu A$:

Da **Fig.4** tem-se que, $R_C = 820\ \Omega$, $V_{CC} = 10$ V, $\beta = 100$. Da **Eq.(4)** resulta

$$I_C = 100 \times 40\ \mu A = 4000\ \mu A = 4\ mA$$

Da **Eq.(2)** obtém-se

$$V_{Rc} = 820\ \Omega \times 0{,}004\ A = 3{,}24\ V$$

Da **Eq.(6)** tem-se que

$$V_{CE} = 10\ \text{V} - 3{,}24\ \text{V} = 6{,}76\ \text{V}$$

(b) $I_B = 70\ \mu\text{A}$:

Repetindo o mesmo procedimento do item (a), obtém-se

$$I_C = 7\ \text{mA}\ , V_{Rc} = 5{,}74\ \text{V}\ , V_{CE} = 4{,}26\ \text{V}$$

Nota-se portanto que o aumento da corrente de base causa as variações nos parâmetros da malha do coletor, indicadas na **Tabela 1**. Dos resultados obtidos nos itens (a) e (b) vale observar que um aumento de apenas 70 μA – 40 μA = 30 μA, na corrente de base provoca um aumento de 7 mA–4 mA = 3 mA, na corrente de coletor.

Apêndice

QUESTIONÁRIO

1. Repita o **Exemplo 1** utilizando I_C = 5 mA.

2. Repita o **Exemplo 2** utilizando I_B = 50 μA e R_B = 500 Ω.

BIBLIOGRAFIA

ARNOLD, Robert & BRANT, Hans. Transistores, segunda parte. São Paulo, EPU, 1975. il. (Eletrônica Industrial, 2).

CIPELLI, Antônio Marco Vicari & SANDRINI, Valdir João. Teoria do desenvolvimento de Projetos de Circuitos Eletrônicos . 7.ed. São Paulo, Érica, 1983. 580p.

SENAI/ Departamento Nacional. Reparador de circuitos eletrônicos; eletrônica básica II. Rio de Janeiro, Divisão de Ensino e Treinamento, c 1979. (Coleção Básica Senai, Módulo 1).

TUCCI, Wilson José. Introdução à Eletrônica. 7.ed. São Paulo, Nobel, 1983. 349p.

MILLMAN, Jacob e HALKIAS, Christos C., Integrated electronics: analog and digital circuits and systems, São Paulo, McGraw-Hill, 1972.