

## Aula 13: Circuitos com BJTs – Parte 2

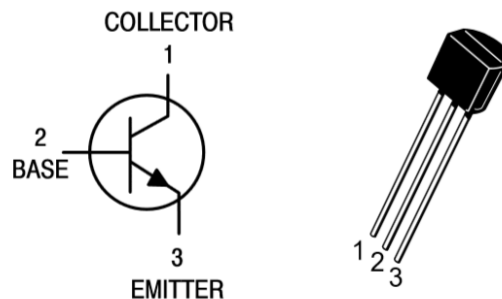
### Objetivos

- Implementar circuitos de polarização com BTJs.
- Implementar um amplificador emissor comum com BTJ.

### Lista de material

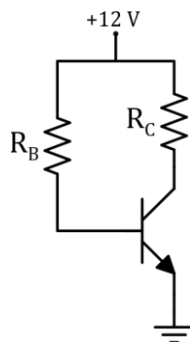
- Osciloscópio, gerador de sinais e multímetro;
- Resistores: 150  $\Omega$ , 1,5 k $\Omega$ , 12 k $\Omega$ , 15 k $\Omega$ , 18 k $\Omega$ , 2 x 1,8 k $\Omega$ , 2,2 k $\Omega$ , 1,8 M $\Omega$ ;
- Capacitores: 2 x 100  $\mu$ F, 2200  $\mu$ F;
- Transistor BC547C.

### Instruções



### Roteiro da experiência

#### 1) Circuito de polarização fixa.



- a) Calcule os valores de  $R_B$  e  $R_C$  para obter  $I_C = 2 \text{ mA}$  e  $V_{CE} = 4 \text{ V}$ . Utilize os valores típicos de  $V_{BE}$  e  $\beta$  fornecidos em *datasheet* para o transistor BC547C. Lembrando que:

$$I_C = \beta \frac{V_{cc} - V_{BE}}{R_B}$$

$$V_{CE} = V_{cc} - I_C R_C$$

- b) Utilizando valores comerciais de resistores próximos aos calculados, calcule  $I_C$  e  $V_{CE}$  para os valores máximo e mínimo de  $\beta$  e preencha a Tabela 1.

**Tabela 1**

$I_C (\beta_{\min})$	$I_C (\beta_{\max})$	$V_{CE} (\beta_{\min})$	$V_{CE} (\beta_{\max})$

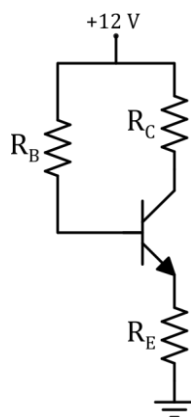
- c) Monte o circuito utilizando resistores com valores comerciais próximos aos calculados. Meça  $\beta$ ,  $I_C$  e  $V_{CE}$  e preencha a Tabela 2.

**Tabela 2**

$\beta$	$I_C$	$V_{CE}$

- d) Encoste o ferro de solda no encapsulamento do transistor e observe a variação de  $I_C$  (ou  $V_C$ ) com o aumento da temperatura. A corrente  $I_C$  aumenta ou diminui?

## 2) Circuito de polarização de emissor.



- a) O circuito foi projetado para obter  $I_C = 2 \text{ mA}$  e  $V_{CE} = 4 \text{ V}$ , resultando em  $R_B = 1,8 \text{ M}\Omega$ ,  $R_C = 1,8 \text{ k}\Omega$  e  $R_E = 2,2 \text{ k}\Omega$ . (Note que, para essas especificações, é obrigatório fazer  $R_E + R_C = 4 \text{ k}\Omega$ , tornando impossível ter  $(1 + \beta)R_E \gg R_B$  sem aumentar  $V_{CC}$ ). Lembrando que:

$$I_C = \beta \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + (1 + \beta)R_E},$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C(R_C + R_E)$$

calcule  $I_C$  e  $V_{CE}$  para os valores máximo e mínimo de  $\beta$  e preencha a Tabela 3.

**Tabela 3**

$I_C (\beta_{\min})$	$I_C (\beta_{\max})$	$V_{CE} (\beta_{\min})$	$V_{CE} (\beta_{\max})$

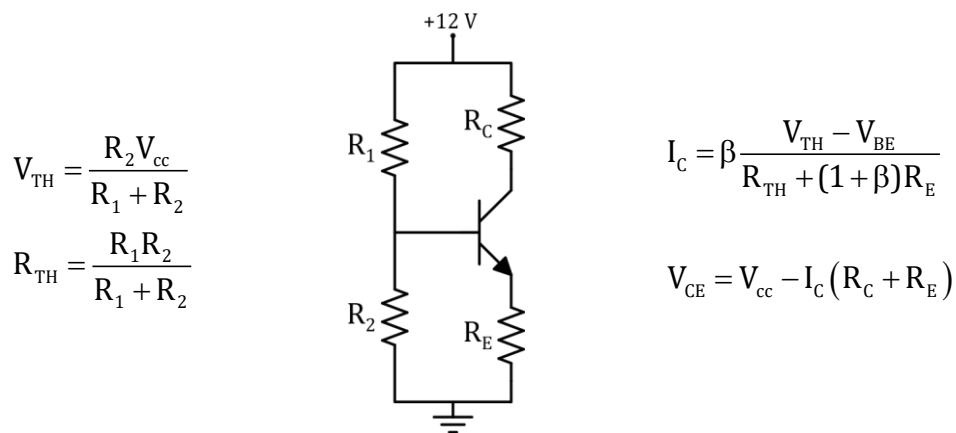
b) Monte o circuito, meça  $I_C$  e  $V_{CE}$  e preencha a Tabela 4.

**Tabela 4**

$\beta$	$I_C$	$V_{CE}$

c) Encoste o ferro de solda no encapsulamento do transistor e observe a variação de  $I_C$  (ou  $V_C$ ) com o aumento da temperatura. A corrente  $I_C$  aumenta ou diminui?

**3) Circuito de polarização por divisor de tensão.**



a) O circuito foi projetado para obter  $I_C = 2 \text{ mA}$  e  $V_{CE} = 4 \text{ V}$ , resultando em  $R_1 = 15 \text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = 12 \text{ k}\Omega$ ,  $R_C = 1,8 \text{ k}\Omega$  e  $R_E = 2,2 \text{ k}\Omega$ . Os valores de  $I_C$  e  $V_{CE}$  para os valores máximo e mínimo de  $\beta$  são ilustrados na Tabela 5.

**Tabela 5**

$I_C (\beta_{\min})$	$I_C (\beta_{\max})$	$V_{CE} (\beta_{\min})$	$V_{CE} (\beta_{\max})$
2,10 mA	2,11 mA	3,58 V	3,55 V

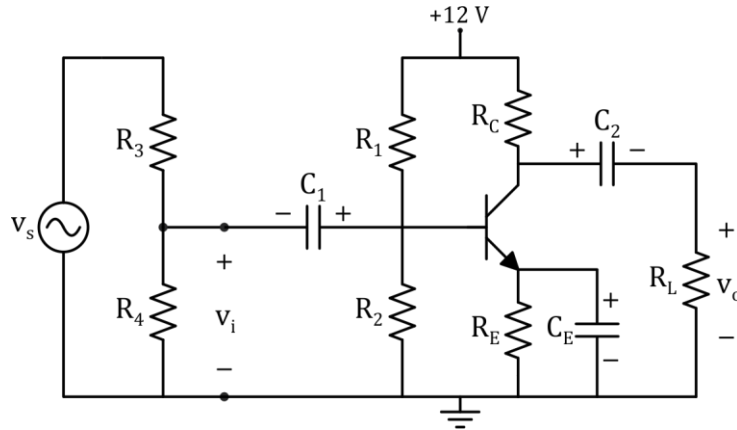
b) Monte o circuito, meça  $I_C$  e  $V_{CE}$  e preencha a Tabela 6.

**Tabela 6**

$\beta$	$I_C$	$V_{CE}$

c) Encoste o ferro de solda no encapsulamento do transistor e observe a variação de  $I_C$  (ou  $V_C$ ) com o aumento da temperatura. A corrente  $I_C$  aumenta ou diminui? Posso considerá-la constante?

## 4) Amplificador Emissor Comum.



- a) Considerando  $R_1 = 15 \text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = 12 \text{ k}\Omega$ ,  $R_C = 1,8 \text{ k}\Omega$  e  $R_E = 2,2 \text{ k}\Omega$ , calcule  $I_B$ ,  $I_C$ ,  $I_E$  e  $V_{CE}$  para valores típicos de  $V_{BE}$  e  $\beta$  e preencha a Tabela 1.

$$V_{TH} = \frac{R_2 V_{CC}}{R_1 + R_2} =$$

$$R_{TH} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} =$$

$$I_B = \frac{V_{TH} - V_{BE}}{R_{TH} + (1 + \beta) R_E} =$$

$$I_C = \beta I_B =$$

$$I_E = (\beta + 1) I_B =$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C (R_C + R_E) =$$

- b) Monte o circuito **sem o sinal**  $v_s$ . Meça  $I_B$ ,  $I_C$ ,  $I_E$ ,  $V_{BE}$  e  $V_{CE}$  com o multímetro e preencha a Tabela 1.

Tabela 1

	$I_B$	$I_C$	$I_E$	$V_{BE}$	$V_{CE}$
Teórico				660 mV	
Medido					

- c) Calcule  $r_\pi$ ,  $g_m$  e  $A_v$ . Use  $V_T = 26 \text{ mV}$  e  $R_L = 1,8 \text{ k}\Omega$ .

$$r_\pi = \frac{V_T}{I_B} =$$

$$g_m = \frac{\beta}{r_\pi} =$$

$$A_v = -g_m \frac{R_C R_L}{R_C + R_L} =$$

- d) Aplique um **sinal**  $v_s$  com forma de onda senoidal, frequência de 1 kHz, e amplitude mínima. Utilize  $R_3 = 1,5 \text{ k}\Omega$ ,  $R_4 = 150 \Omega$ ,  $C_1 = C_2 = 100 \mu\text{F}$  e  $C_E = 2200 \mu\text{F}$ . Obtenha  $r_\pi$ ,  $g_m$  e  $A_v$  experimentalmente e preencha a Tabela 2. Para  $A_v$  utilize o osciloscópio em **acoplamento CA** e aproveite ao máximo a tela do osciloscópio (experimente usar o ajuste FINO de escala de tensão). Para obter  $r_\pi$  e  $g_m$  experimentalmente utilize:

$$g_m = \frac{I_c}{V_T} =$$

$$r_\pi = \frac{\beta}{g_m} =$$

Obs.:  $I_c$  é o valor medido na Tabela 1 e  $\beta$  é o valor obtido diretamente com o multímetro.

**Tabela 2**

	$r_\pi$	$g_m$	$A_v$
Teórico			
Medido			

- e) Aumente a amplitude do sinal de entrada até que o **sinal de saída** seja ceifado tanto no pico positivo quanto no pico negativo. Observe os valores máximo e mínimo da tensão de coletor  $V_c$  nessa condição.