

O TRANSISTOR BIPOLAR DE JUNÇÃO (TBJ) TRABALHANDO NA REGIÃO DE CORTE E SATURAÇÃO (CHAVE)

Relatório 08 de ELT 315

Wérikson Frederiko de Oliveira Alves - 96708
Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, Brasil
e-mails: werikson.alves@ufv.br

6 de novembro de 2020

Introdução:

Este relatório contém uma análise teórica de um circuito com transistor bipolar de junção (TBJ), seguidos de dados coletados a partir da simulação realizada pelo Software **Qucs**, tendo por objetivo verificar os circuitos de chaveamento com transistor.

Materiais Utilizados:

- 01 Resistor de $1\text{ k}\Omega$;
- 01 Resistor de $68\text{ k}\Omega$;
- Multímetro;
- Fonte ajustável;
- 01 transistor BC 549B.

Parte Teórica:

Seja o circuito da Figura 1.

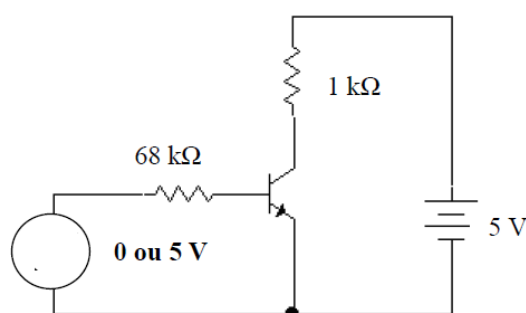


Figura 1: Circuito teórico.

- a) Calcular os valores de V_B , V_C , V_E , V_{CE} , I_B , I_C , I_E e completar a tabela. Considere $V_i = 5\text{ V}$.

R:

Perceba que esse TBJ é um NPN e considerando que o terminal do emissor está conectado à referência e que seja de Si, temos:

Se $V_{in} = 0$ (desligado) então:

$$V_B = V_C = 0\text{ V}$$

$$V_C = V_{CE} = 5 \text{ V}$$

$$I_B = I_C = I_E = 0 \text{ A}$$

Se $V_{in} = 5$ (ligado) então:

$$V_{CE} = 0 \text{ V}$$

$$I_{C_{sat}} = \frac{V_{CC}}{R_C} = \frac{5}{1 \text{ k}} = 5 \text{ mA}$$

$$V_B = V_{BE} + V_E = 0,7 + 0 = 0,7 \text{ V}$$

$$I_B = \frac{V_{in} - V_B}{R_B} = \frac{5 - 0,7}{68 \text{ k}} \approx 63,24 \mu\text{A}$$

Do datasheet, temos que $\beta = 290$, assim $I_C = \beta I_B = 18,34 \text{ mA}$ e como $I_C > I_{C_{sat}}$, I_C será fixado com valor igual ao de saturação, logo:

$$V_E = 0 \text{ V}$$

$$I_C = 5 \text{ mA}$$

$$I_E = I_C + I_B \approx 5,06 \text{ mA}$$

$$V_C = V_{CE} = V_{CC} - R_C I_C = 5 - 5 = 0 \text{ V}$$

$$I_C = I_E - I_B = 5,06 \text{ mA} - 63,24 \mu\text{A} = 4,42 \text{ mA}$$

Tabela 1: Valores Calculados.

| TBJ: BC549BP | V_B | V_C | V_E | V_{CE} | I_B | I_C | I_E |
|--|-------|-------|-------|----------|---------------------|-------|---------|
| Valores Calculados $V_{in} = 0\text{V}$ | 0 V | 5 V | 0 V | 5 V | 0 μA | 0 mA | 0 mA |
| Valores Calculados $V_{in} = 5\text{V}$ | 0,7 V | 0 V | 0 V | 0 V | 63,24 μA | 5 mA | 5,06 mA |

b) Esboce as curvas características de entrada e saída para o circuito.

R:

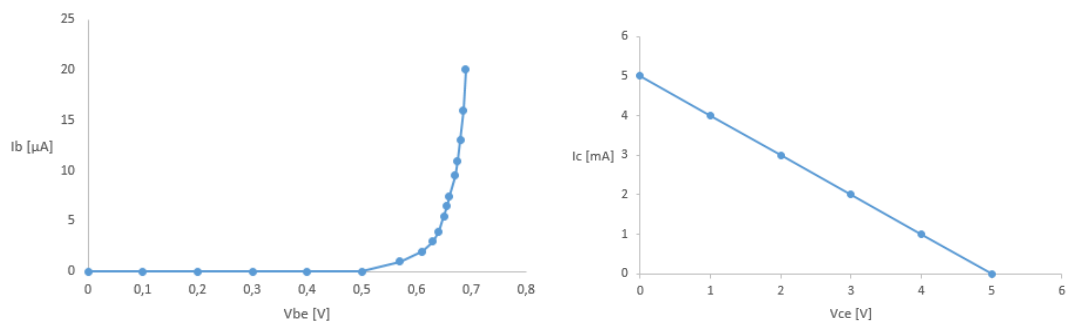


Figura 2: Curvas características da Entrada e Saída.

c) Calcular os valores de $I_{B_{SAT}}$, $I_{C_{SAT}}$ e $V_{CE_{SAT}}$ e anotar na tabela.

R:

$$I_{C_{SAT}} = 5 \text{ mA}$$

$$I_{B_{SAT}} = \frac{I_{C_{SAT}}}{\beta} = 17,24 \mu\text{A}$$

$$V_{CE_{SAT}} = 0 \text{ V}$$

Tabela 2: Valores calculados para saturação.

| TBJ: BC549BP | $I_{B_{sat}}$ | $I_{C_{sat}}$ | $V_{CE_{sat}}$ |
|--|---------------------|----------------|----------------|
| Valores Calculados $V_{in} = 5\text{V}$ | $17,24 \mu\text{A}$ | 5 mA | 0 V |

d) Desenhe a curva característica de saída ($I_C \times V_{CE}$) e a reta de carga. Conclua os resultados.

R:

Aplicando LKT, temos: $V_{CC} - R_C I_C - V_{CE} = 0 \rightarrow V_{CE} = 5 - 1 \text{ k} \times I_C$.

Dessa forma, com os dados calculados anteriormente obtemos:

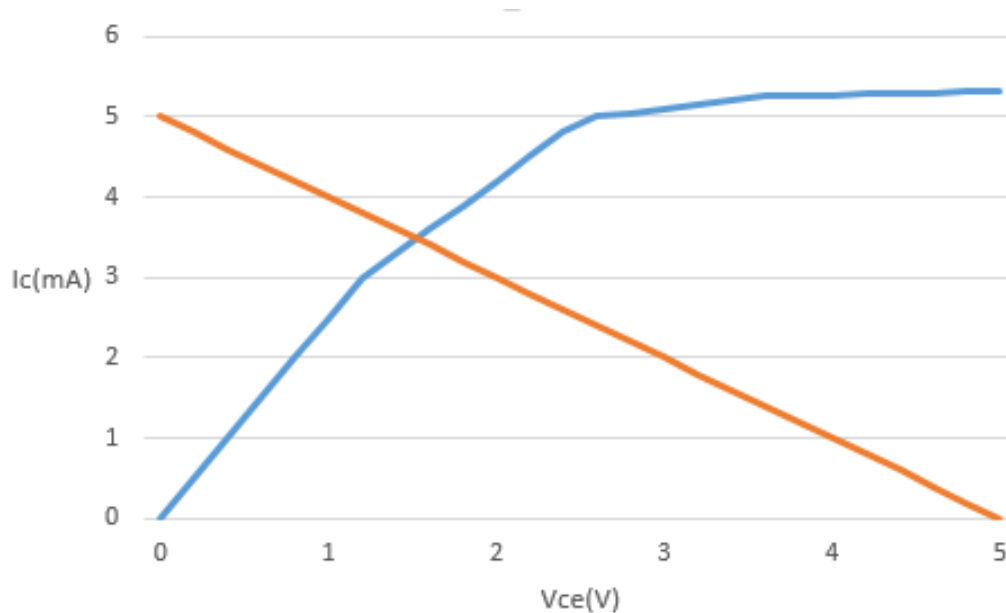


Figura 3: Curva característica ($I_C \times V_{CE}$)

Portanto, concluímos que quanto maior o sinal de saída, mais a corrente do coletor tende a saturação. Além disso, com a intersecção da curva com a reta podemos encontrar o ponto Q de operação, no qual podemos identificar a corrente de base e assim obter o beta do TBJ.

Parte Prática:

a) Monte o circuito da figura 1 e seguindo os passos abaixo.

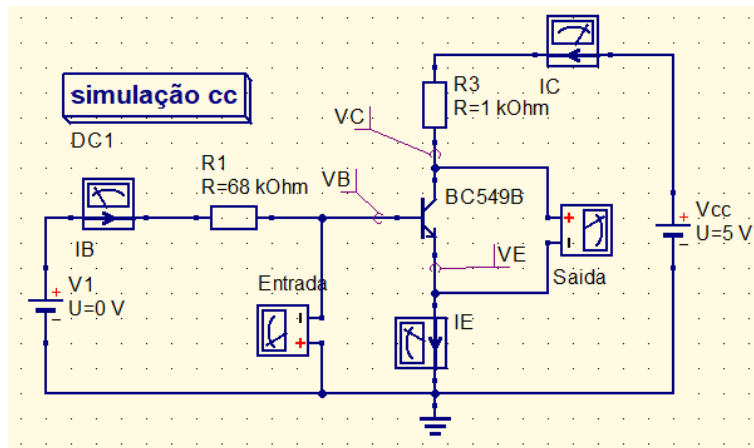


Figura 4: Circuito simulado 1.

- b) Medir as tensões V_B , V_C , V_E e V_{CE} e calcular as correntes I_B , I_C e I_E através das tensões medidas, depois anote na tabela.

Tabela 3: Valores Simulados

| TBJ: BC549BP | V_B | V_C | V_E | V_{CE} | I_B | I_C | I_E |
|------------------------------------|-------|-------|-------|----------|-----------|-------|-------|
| Valores Simulados $V_{in} = 0V$ | 0 V | 5 V | 0 V | 5 V | $0 \mu A$ | 0 mA | 0 mA |

Para $V_{in} = 0V$:

- $I_B = \frac{V_{in} - V_B}{R_B} = 0 \mu A$
- $I_C = \frac{V_{CC} - V_C}{R_C} = 0 mA$
- $I_E = I_C + I_B = 0 mA$

- c) No circuito da figura 1, coloque 5V na entrada (retire de uma fonte CC do circuito).

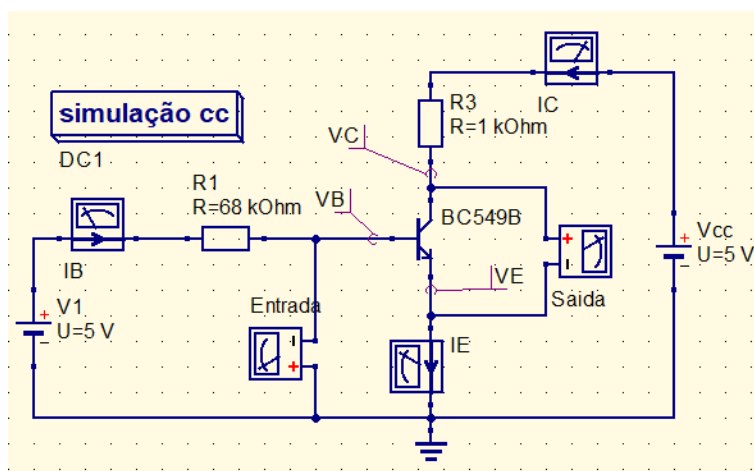


Figura 5: Circuito simulado 2.

d) Medir as tensões V_B , V_C , V_E e V_{CE} e calcular as correntes I_B , I_C e I_E através das tensões medidas, depois anote na tabela.

R:

Tabela 4: Valores Simulados

| TBJ: BC549BP | V_B | V_C | V_E | V_{CE} | I_B | I_C | I_E |
|------------------------------------|-------|--------|-------|----------|---------------|---------|-------|
| Valores Simulados $V_{in} = 5V$ | 0,69V | 0,06 V | 0 V | 0,06 V | 63,38 μA | 4,94 mA | 5 mA |

Para $V_{in} = 5V$:

- $I_B = \frac{V_{in} - V_B}{R_B} = 63,38 \mu A$
- $I_C = \frac{V_{CC} - V_C}{R_C} = 4,94 mA$
- $I_E = I_C + I_B = 5 mA$

e) Inserir o gerador de sinais na entrada (V_{in}) - Onda quadrada de 0 V a 5 V e frequência de 100 HZ. Plotar as curvas de entrada V_{in} e saída V_o (V_c).

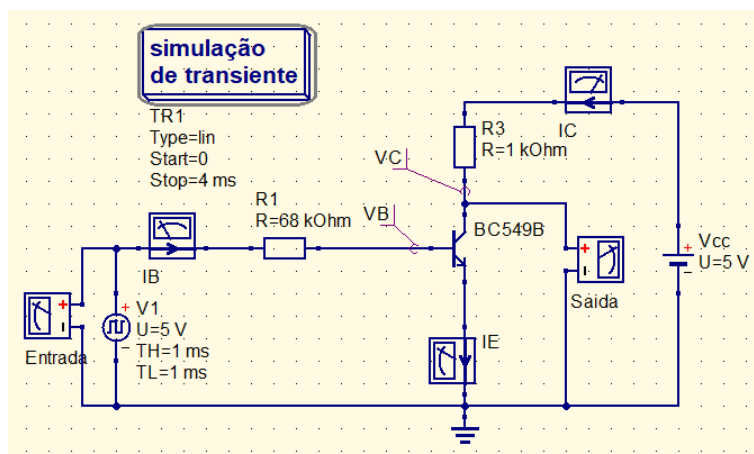


Figura 6: Circuito simulado 3.

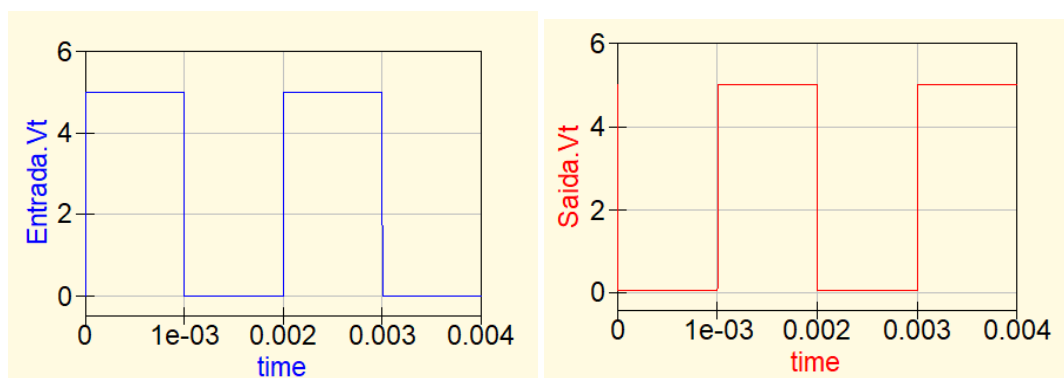


Figura 7: Entrada e Saída (Simuladas).

Conclusão:

Portanto, neste relatório podemos ver que o TBJ pode atuar como um chaveamento, ora aberto ora fechado, cortando ou não o sinal de saída. Esse se chaveamento se deve a região de saturação e corte, ou seja, ao montar-se um circuito para atuar na região de saturação ou corte podemos obter uma chaveamento. Isto pôde ser observado tanto na parte teórica quanto na parte simulada, nas quais se obteve os mesmo sinais de saída para a entrada, ou seja, quando o sinal de entrada é nulo o sinal de saída é 5V e quando o sinal de entrada é 5V o sinal de saída é nulo, funcionando como um inversor.

Referências

- [1] R. L. Boylestad and L. Nashelsky, *Dispositivos eletrônicos e teoria de circuitos*, vol. 11. Prentice-Hall do Brasil, 2013.
- [2] Alldatasheet, “<https://html.alldatasheet.com/html-pdf/2892/motorola/bc549b/518/2/bc549b.html>.”