



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

Laboratório de Eletrônica Básica I

Práticas de simulação com QUCS

Laboratório 4 - TRANSISTOR BIPOLAR DE JUNÇÃO – CURVAS CARACTERÍSTICAS

Pedro Henrique Fabríz Ulhoa
Marina Duda Albuquerque

Vitória, 22/10/2020



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

Resultados do Experimento

3.1.2)

Para a primeira parte do experimento o seguinte circuito foi criado. Recursos utilizados: Parâmetro de varredura para o valor de um Resistor; Equação para plotagem de gráfico.

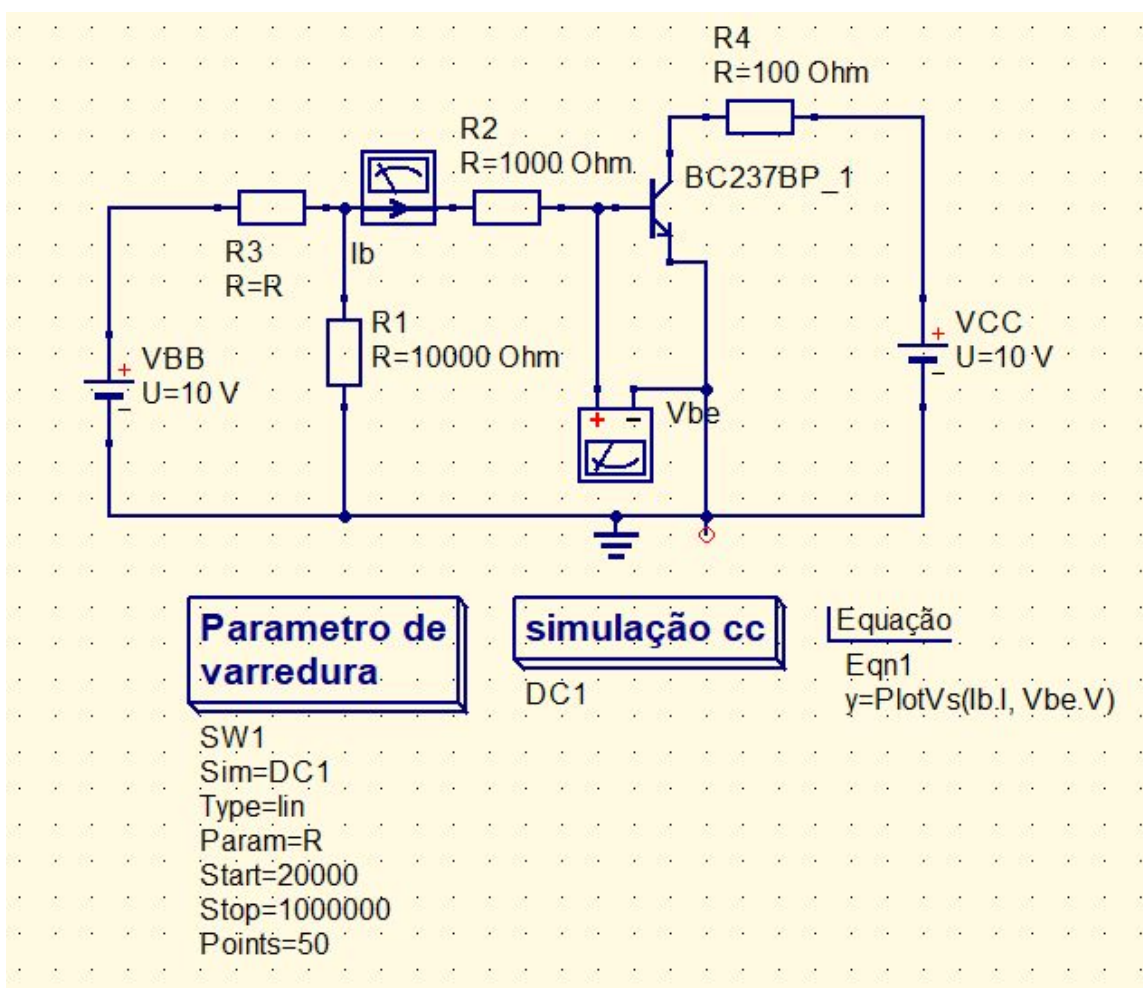


Figura 1: Circuito montado para primeira parte do experimento



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

3.1.3) A seguinte tabela foi obtida do circuito da Figura 1

| ▲ | R | Ib.I | Vbe.V | ▲ | R | Ib.I | Vbe.V |
|---|--------|----------|-------|---|--------|-----------|-------|
| | 2e04 | 0.00033 | 0.805 | | 5.2e05 | 5.39e-12 | 0.189 |
| | 4e04 | 0.000138 | 0.76 | | 5.4e05 | 4.15e-12 | 0.182 |
| | 6e04 | 7.26e-05 | 0.733 | | 5.6e05 | 3.17e-12 | 0.175 |
| | 8e04 | 4.04e-05 | 0.712 | | 5.8e05 | 2.4e-12 | 0.169 |
| | 1e05 | 2.16e-05 | 0.691 | | 6e05 | 1.78e-12 | 0.164 |
| | 1.2e05 | 9.95e-06 | 0.667 | | 6.2e05 | 1.28e-12 | 0.159 |
| | 1.4e05 | 3.17e-06 | 0.634 | | 6.4e05 | 8.7e-13 | 0.154 |
| | 1.6e05 | 5.54e-07 | 0.582 | | 6.6e05 | 5.29e-13 | 0.149 |
| | 1.8e05 | 8.85e-08 | 0.525 | | 6.8e05 | 2.43e-13 | 0.145 |
| | 2e05 | 1.98e-08 | 0.476 | | 7e05 | 2.18e-15 | 0.141 |
| | 2.2e05 | 6e-09 | 0.435 | | 7.2e05 | -2.03e-13 | 0.137 |
| | 2.4e05 | 2.25e-09 | 0.4 | | 7.4e05 | -3.79e-13 | 0.133 |
| | 2.6e05 | 9.91e-10 | 0.37 | | 7.6e05 | -5.3e-13 | 0.13 |
| | 2.8e05 | 4.92e-10 | 0.345 | | 7.8e05 | -6.62e-13 | 0.127 |
| | 3e05 | 2.68e-10 | 0.323 | | 8e05 | -7.77e-13 | 0.123 |
| | 3.2e05 | 1.57e-10 | 0.303 | | 8.2e05 | -8.78e-13 | 0.12 |
| | 3.4e05 | 9.78e-11 | 0.286 | | 8.4e05 | -9.67e-13 | 0.118 |
| | 3.6e05 | 6.4e-11 | 0.27 | | 8.6e05 | -1.05e-12 | 0.115 |
| | 3.8e05 | 4.35e-11 | 0.256 | | 8.8e05 | -1.12e-12 | 0.112 |
| | 4e05 | 3.05e-11 | 0.244 | | 9e05 | -1.18e-12 | 0.11 |
| | 4.2e05 | 2.2e-11 | 0.233 | | 9.2e05 | -1.24e-12 | 0.108 |
| | 4.4e05 | 1.62e-11 | 0.222 | | 9.4e05 | -1.29e-12 | 0.105 |
| | 4.6e05 | 1.21e-11 | 0.213 | | 9.6e05 | -1.33e-12 | 0.103 |
| | 4.8e05 | 9.19e-12 | 0.204 | | 9.8e05 | -1.37e-12 | 0.101 |
| ▼ | 5e05 | 7.02e-12 | 0.196 | ▼ | 1e06 | -1.41e-12 | 0.099 |

Tabela 1: Dados obtidos da variação do valor do resistor em ohms. Corrente e Tensão em unidades do S.I.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

3.1.4) Com os dados da Tabela 1, e a utilização do recurso de Equação, o Gráfico 1 foi plotado.

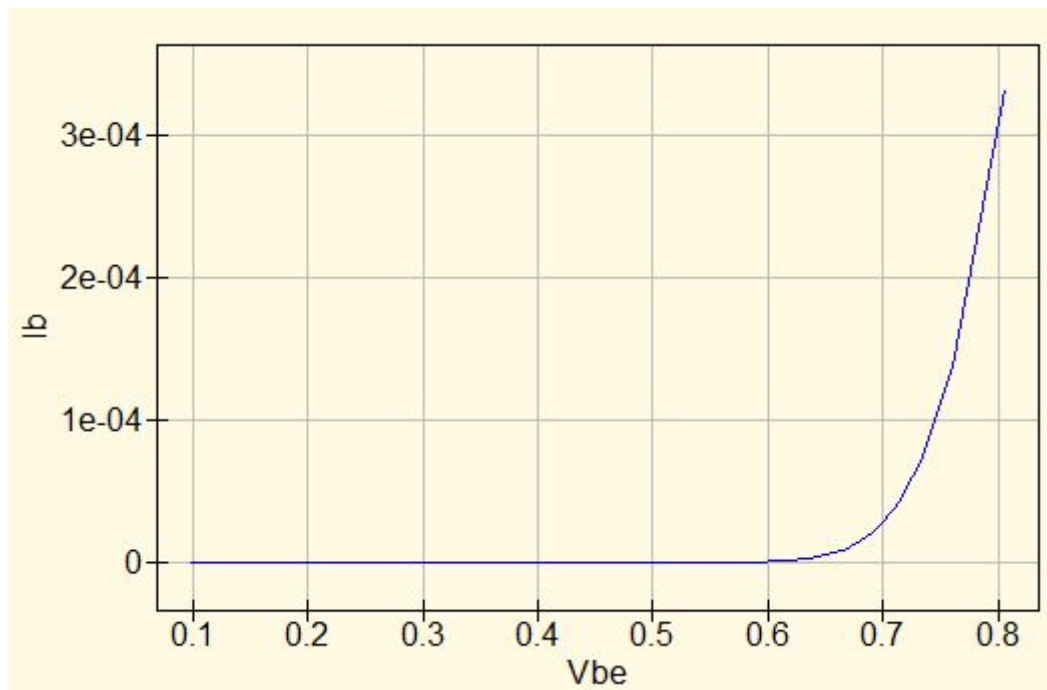


Gráfico 1: Corrente da base do transistor versus tensão base-emissor



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

3.2)

3.2.2) Para a segunda parte do experimento, o circuito da Figura 2 foi simulado no QUCS utilizando um transistor BC237BP. A corrente da fonte foi configurada para 3 valores diferentes e então os resultados foram registrados em tabelas (Tabela 2, 3 e 4)

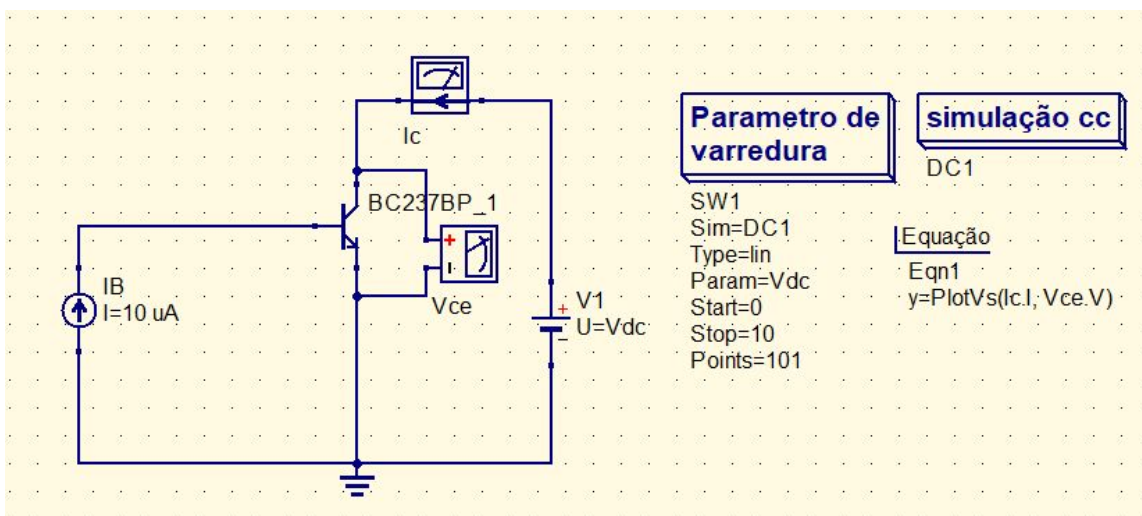


Figura 2: Circuito referente à segunda parte do experimento

3.2.3) Para $I_b = 10\mu A$

| Vdc | Ic.I | Vce.V |
|-----|----------|-------|
| 0 | 7.94e-06 | 0 |
| 0.1 | 0.00154 | 0.1 |
| 0.2 | 0.00275 | 0.2 |
| 0.3 | 0.00284 | 0.3 |
| 0.4 | 0.00285 | 0.4 |
| 0.5 | 0.00285 | 0.5 |
| 0.6 | 0.00286 | 0.6 |
| 0.7 | 0.00286 | 0.7 |
| 0.8 | 0.00286 | 0.8 |
| 0.9 | 0.00287 | 0.9 |
| 1 | 0.00287 | 1 |

Tabela 2: Valores da corrente de coletor e da tensão entre coletor e emissor com variação da fonte de tensão contínua e fonte de corrente definida em $10\mu A$.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

3.2.4) Para $I_b = 100\mu A$

| ▲ | Vdc | Ic.I | Vce.V |
|---|-----|----------|-------|
| ▼ | 0 | 0.000176 | 0 |
| | 0.1 | 0.0149 | 0.1 |
| | 0.2 | 0.0262 | 0.2 |
| | 0.3 | 0.0272 | 0.3 |
| | 0.4 | 0.0273 | 0.4 |
| | 0.5 | 0.0273 | 0.5 |
| | 0.6 | 0.0274 | 0.6 |
| | 0.7 | 0.0274 | 0.7 |
| | 0.8 | 0.0275 | 0.8 |
| | 0.9 | 0.0275 | 0.9 |
| ▼ | 1 | 0.0275 | 1 |

Tabela 3: Valores da corrente de coletor e da tensão entre coletor e emissor com variação da fonte de tensão contínua e fonte de corrente definida em $100\mu A$.

3.2.5) Para $I_b = 200\mu A$

| ▲ | Vdc | Ic.I | Vce.V |
|---|-----|----------|-------|
| ▼ | 0 | 0.000378 | 0 |
| | 0.1 | 0.025 | 0.1 |
| | 0.2 | 0.0463 | 0.2 |
| | 0.3 | 0.0489 | 0.3 |
| | 0.4 | 0.0491 | 0.4 |
| | 0.5 | 0.0492 | 0.5 |
| | 0.6 | 0.0492 | 0.6 |
| | 0.7 | 0.0493 | 0.7 |
| | 0.8 | 0.0494 | 0.8 |
| | 0.9 | 0.0494 | 0.9 |
| ▼ | 1 | 0.0495 | 1 |

Tabela 4: Valores da corrente de coletor e da tensão entre coletor e emissor com variação da fonte de tensão contínua e fonte de corrente definida em $200\mu A$.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

3.2.6) Com os dados das Tabelas 2, 3 e 4, um gráfico foi plotado. O eixo X é o da Tensão coletor-emissor e o eixo Y é a corrente no coletor. O resultado é mostrado no Gráfico 2.

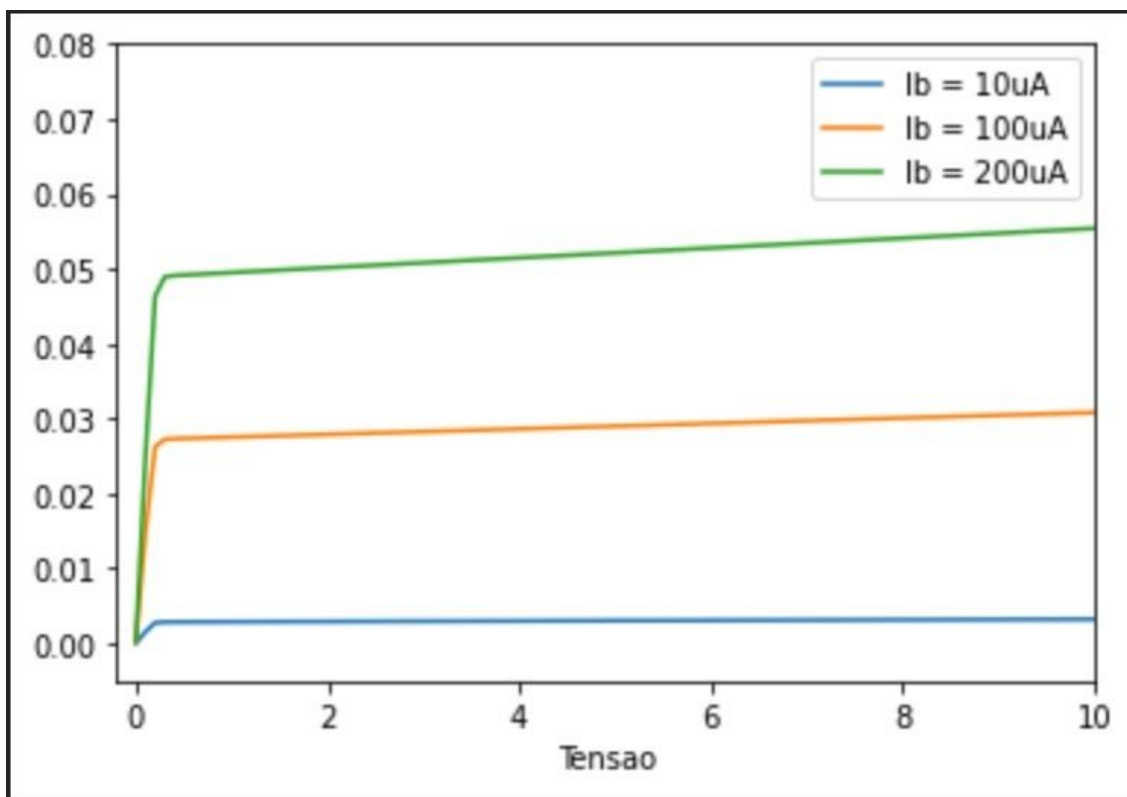


Gráfico 2: curvas I_c versus V_{ce} , tendo I_b como parâmetro.

3.3) Na terceira parte do experimento, foi montado o circuito representado na Figura 3. Utilizando 2 voltímetros, analisamos a forma de onda da fonte de tensão quadrada e da forma de onda de tensão entre o coletor e o emissor do transistor BC237BP, que podem ser visualizadas no Gráfico 3.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

3.3.2)

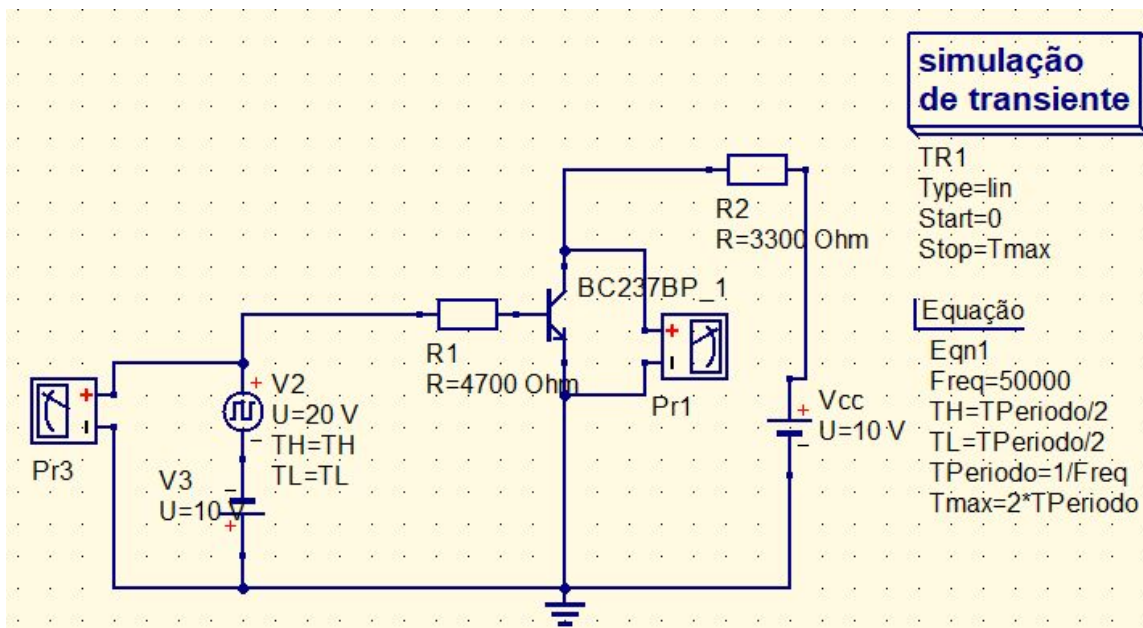


Figura 3: Circuito referente à terceira parte do experimento

3.3.3)

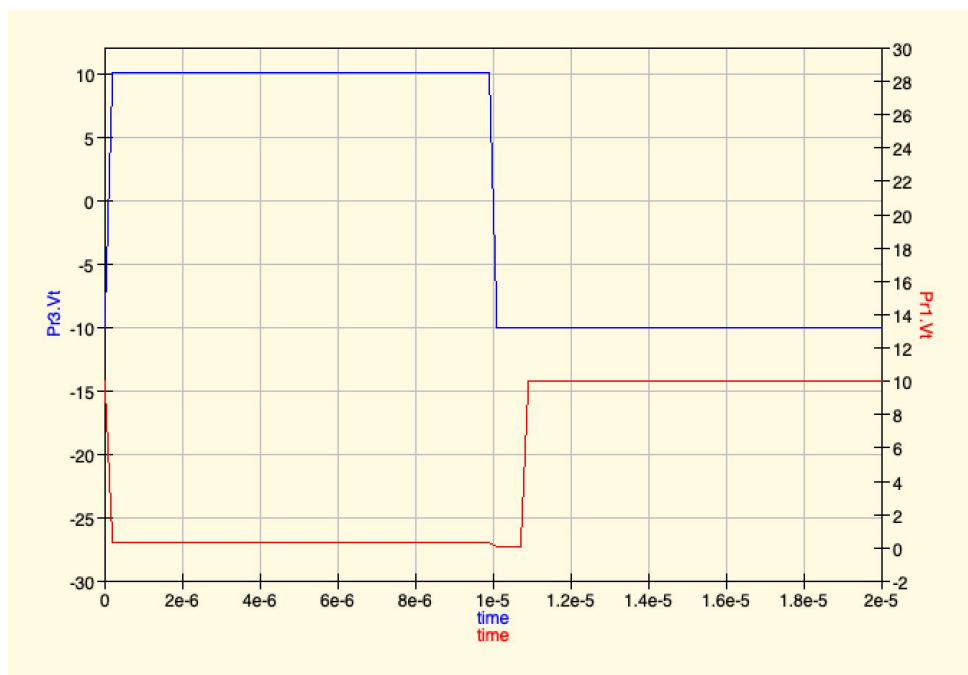


Gráfico 3: Em azul, a forma de onda quadrada de entrada. Abaixo, em vermelho, a forma de onda de tensão entre o coletor e emissor do transistor.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

3.3.4) Para a última análise, metade de um período de onda foi plotado para que pudéssemos observar o tempo de transição (t_s - storage time)

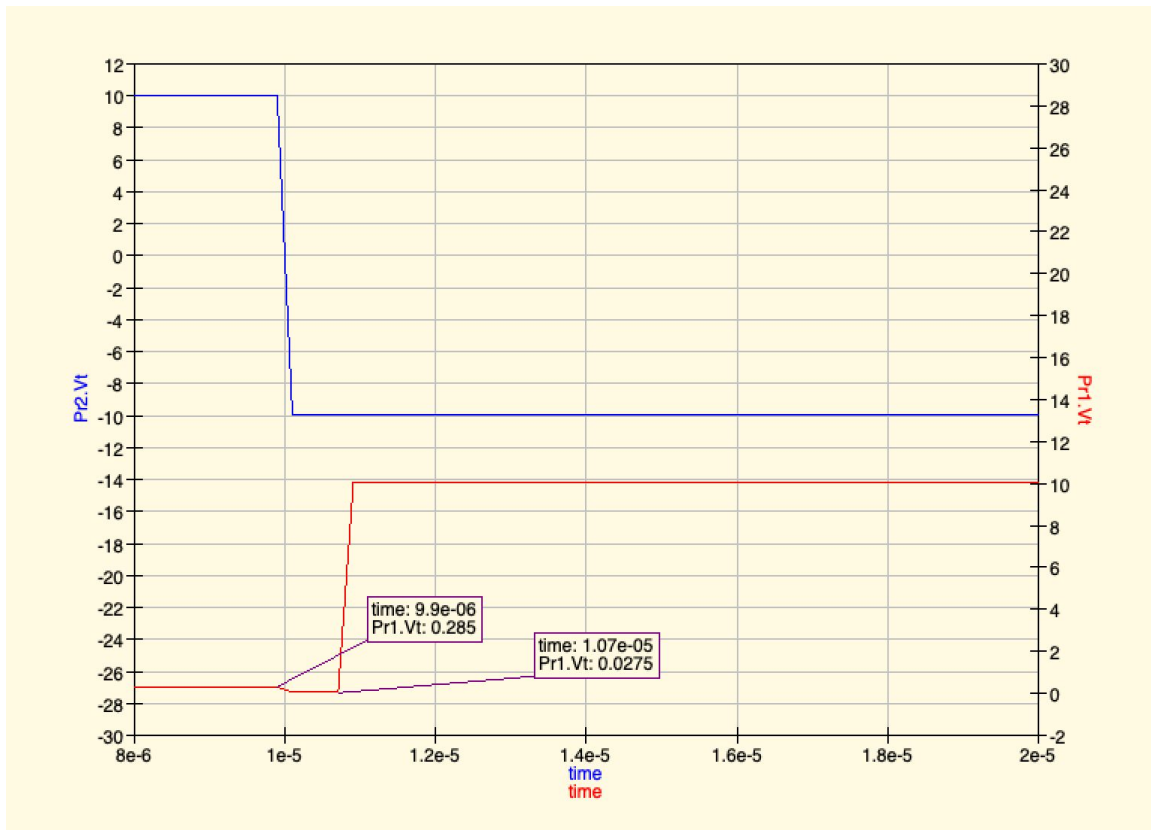


Gráfico 4: Em azul, a forma de onda quadrada de entrada. Abaixo, em vermelho, a forma de onda de tensão entre o coletor e emissor do transistor. Foram adicionados marcadores para que fosse possível retornar o tempo de transição.

Calculamos o tempo de transição subtraindo os tempos indicados pelos marcadores no gráfico. Logo,

$$t_s = t_2 - t_1 = 1,07 \times 10^{-5} - 9,9 \times 10^{-6} \text{ s}$$

$$t_s \approx 8 \times 10^{-7} \text{ s}$$