

LOM3221 – LABORATÓRIO DE ELETRÔNICA

AULA 4

Prof. Dr. Emerson G. Melo

- LTspice;

- Experimentos:

 - Polarização Fixa;

 - Polarização por Divisor de Tensão;

- ❑ Software SPICE para simulação de circuitos eletrônicos;
- ❑ Permite desenhar esquemáticos e simular o comportamento de circuitos analógicos;
- ❑ Principais análises disponíveis:
 - ❑ Ponto de operação DC;
 - ❑ Transiente (domínio do tempo);
 - ❑ AC (domínio da frequência);
 - ❑ Ruído.
- ❑ Recursos para visualização de formas de onda e gráficos de tensão, corrente, ganho, etc.
- ❑ Parametrização de componentes através de comandos SPICE para realização de análises em função de temperatura, valores de resistência, capacitância, etc.

❑ Instalação

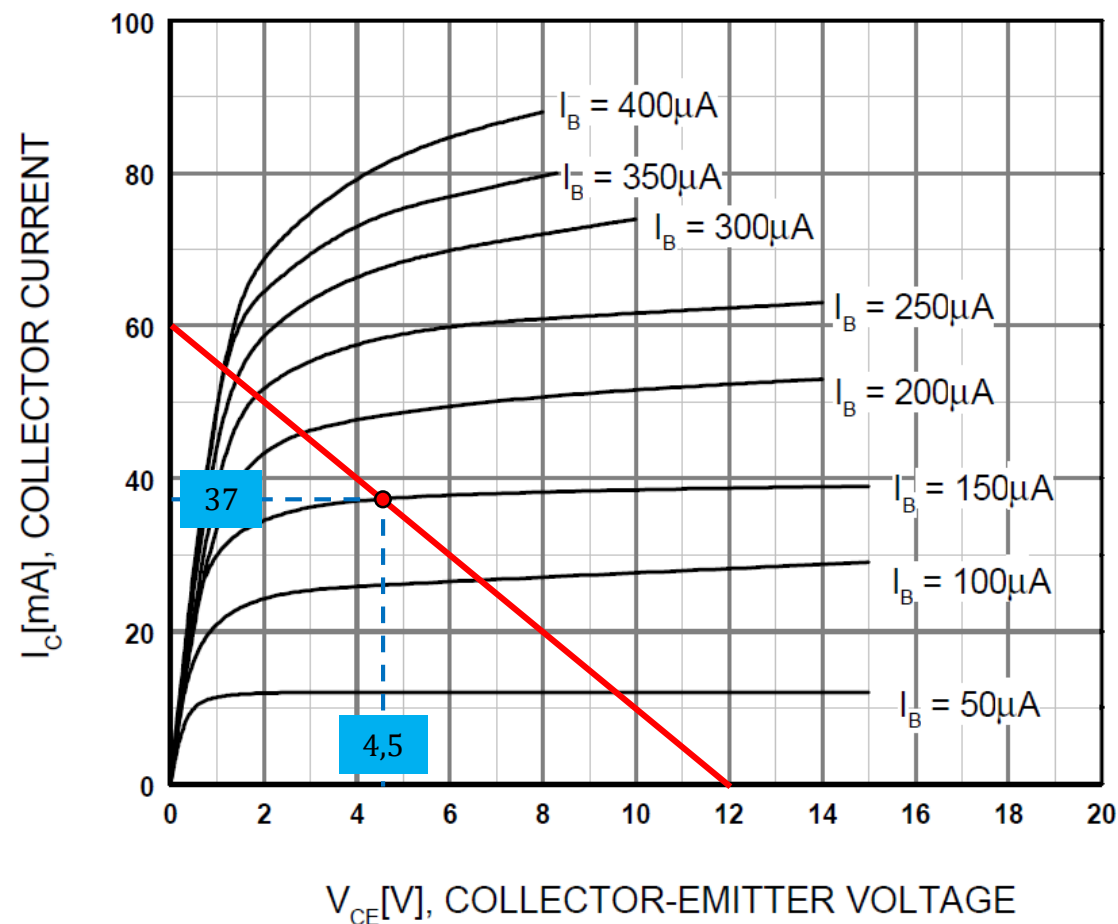
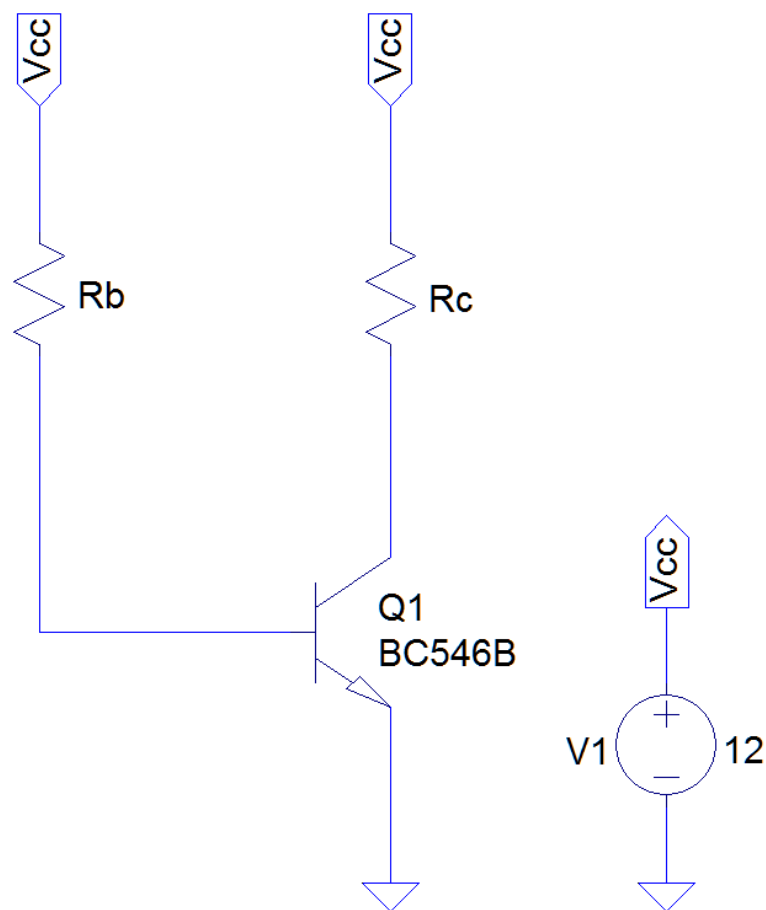
- ❑ Acessar: <https://www.analog.com/en/design-center/design-tools-and-calculators/ltspice-simulator.html>
- ❑ Realizar o download do aplicativo (Windows ou Mac).
- ❑ Executar o instalador e seguir as instruções de instalação.

❑ Consultar o “Guia Inicial” e o “Manual do Usuário” disponíveis no e-Disciplinas para obter informações sobre o processo de construção dos esquemáticos e configuração das simulações.

- ❑ Os experimentos serão realizados através de simulações utilizando o LTspice.
- ❑ Os resultados dos experimentos deverão ser introduzidos no Relatório disponível em e-Disciplinas-LOM3221-Aula 4-Relatório.
- ❑ Essa atividade irá compor parte da nota de laboratório referente aos “Testes” (TS).
- ❑ Em todos os resultados devem ser consideradas duas casas decimais.
- ❑ Utilizar ponto (.) para separação da parte decimal.

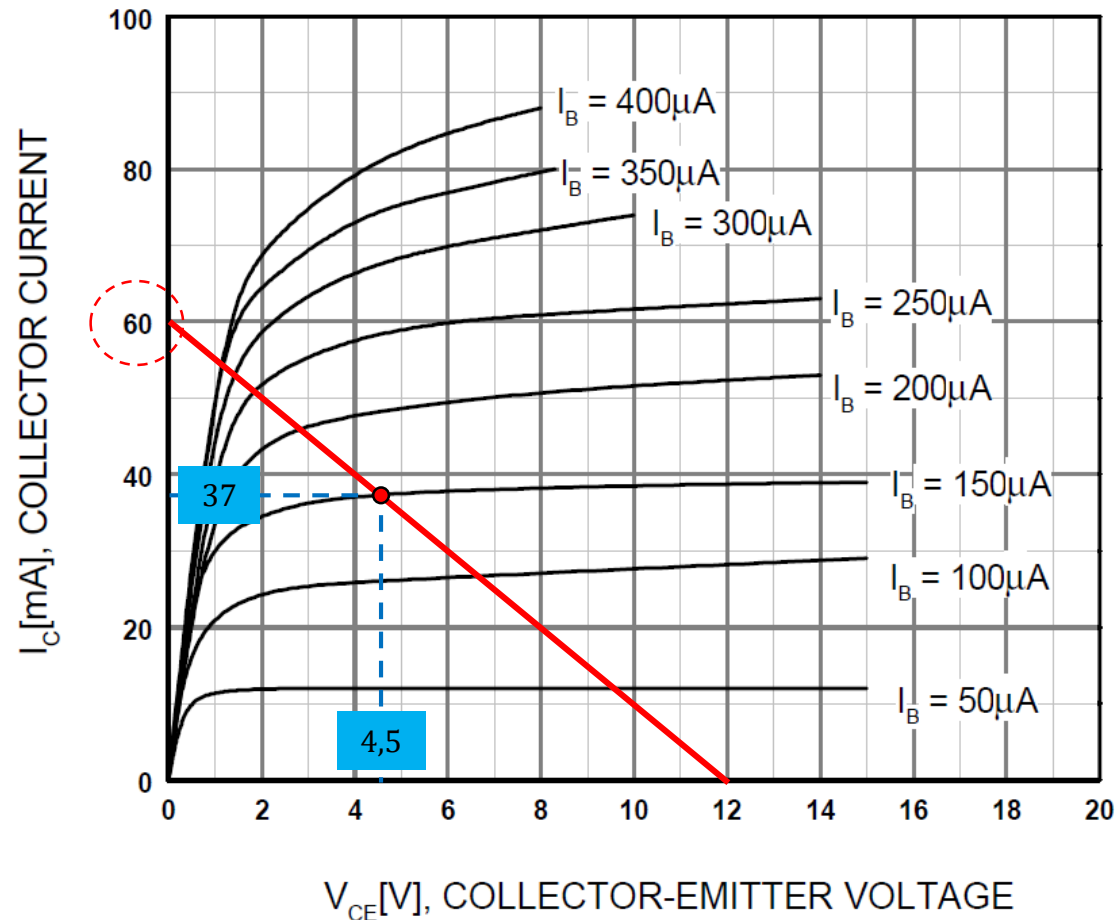
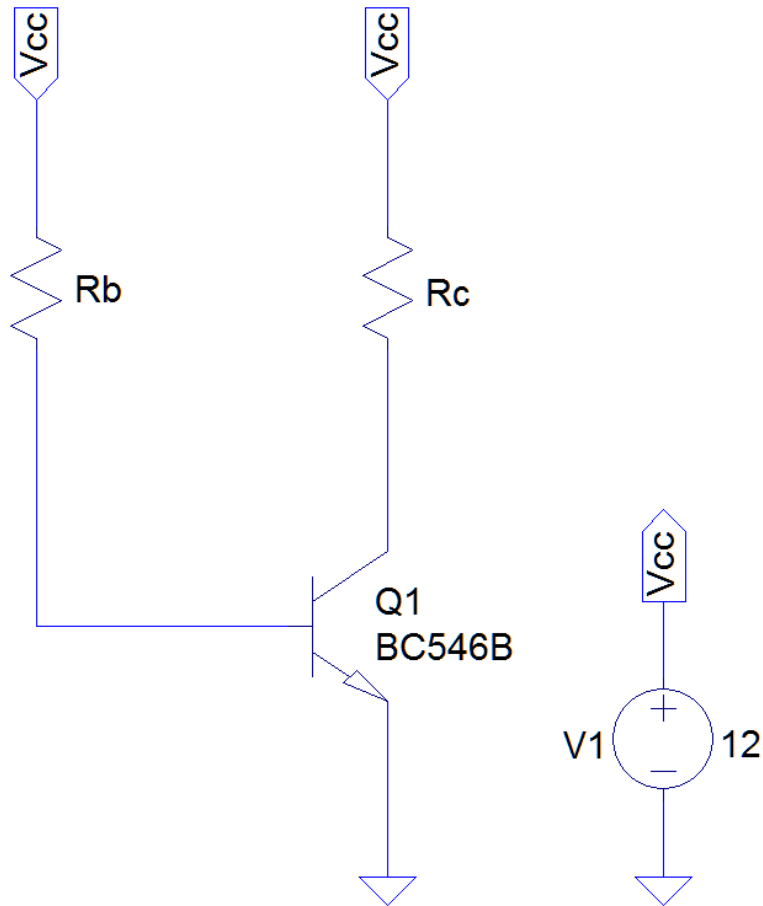
Polarização Fixa

- Exemplo 1 – Construir o circuito abaixo no LTspice;
- Determinar os valores de R_c e R_b para ajustar o ponto de operação do circuito.
- Comparar os valores da simulação com os valores de I_C e V_{CE} .



Polarização Fixa

- Exemplo 1 – Construir o circuito abaixo no LTspice;
- Determinar os valores de R_c e R_b para ajustar o ponto de operação do circuito.
- Comparar os valores da simulação com os valores de I_C e V_{CE} .



Reta de Carga

$$I_{Csat} = \frac{V_{CC}}{R_c}$$

$$V_{CEcorte} = V_{CC}$$

$$V_{CC} = 12\text{ V}$$

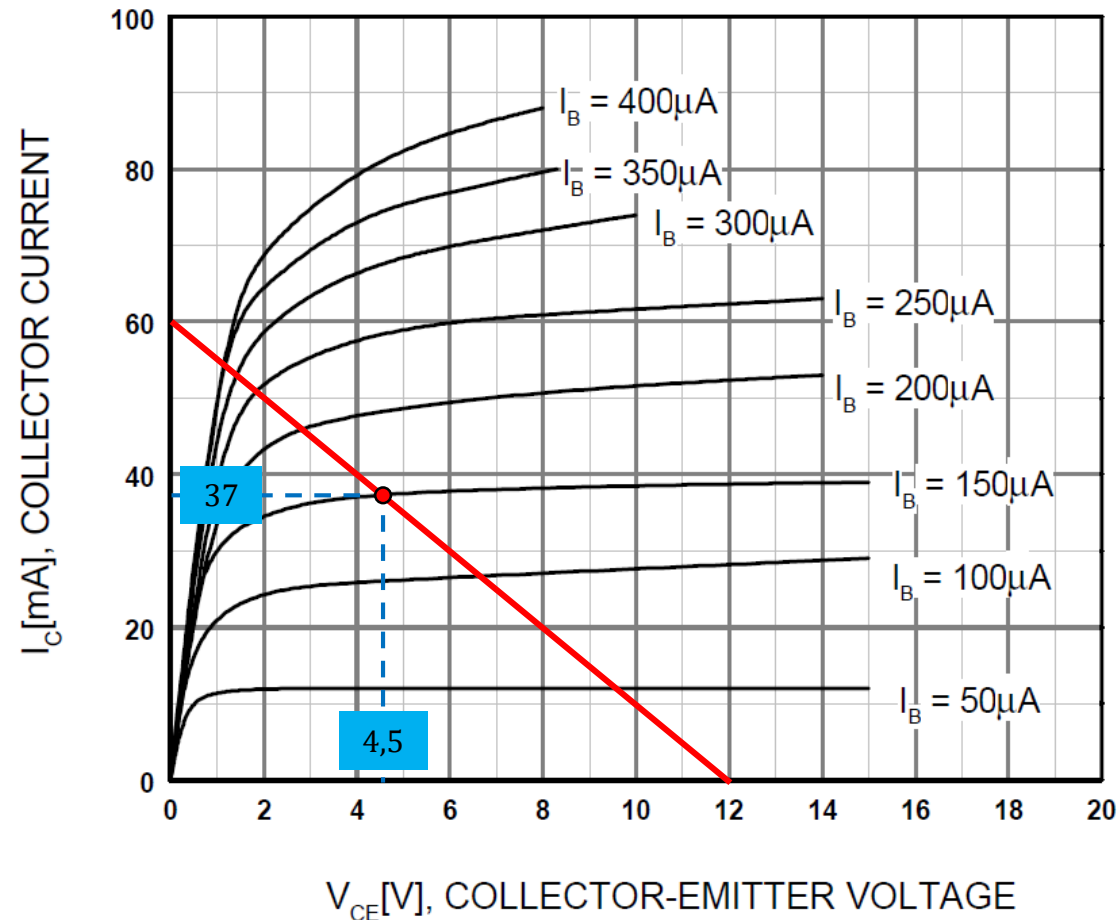
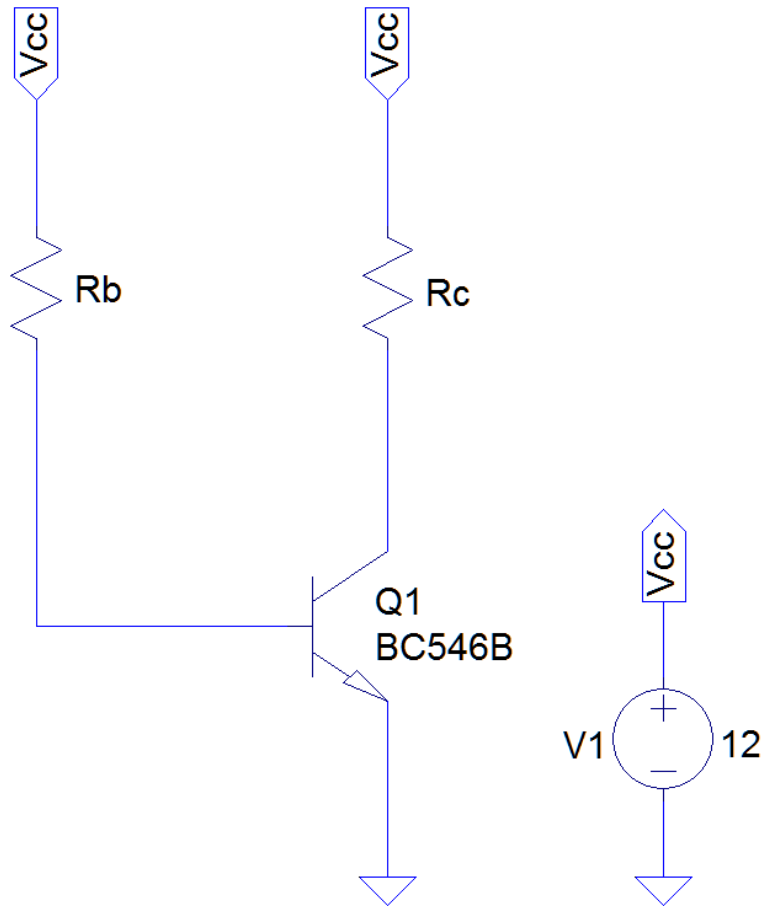
$$I_{Csat} = 60\text{ mA}$$

$$R_c = \frac{V_{CC}}{I_{Csat}} = \frac{12\text{ V}}{60\text{ mA}}$$

$$R_c = 200\Omega$$

Polarização Fixa

- Exemplo 1 – Construir o circuito abaixo no LTspice;
- Determinar os valores de R_c e R_b para ajustar o ponto de operação do circuito.
- Comparar os valores da simulação com os valores de I_C e V_{CE} .



$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B}$$

$$R_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{I_B}$$

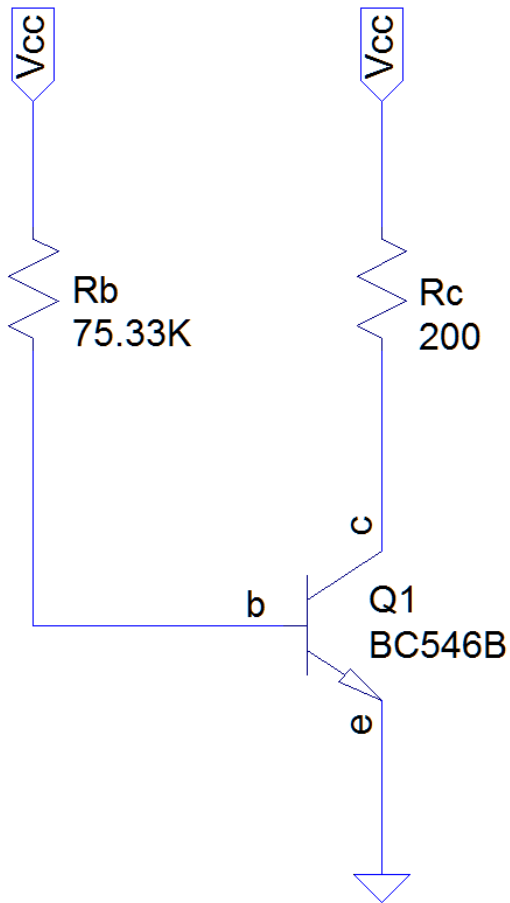
$$I_B = 150 \mu A$$

$$R_B = \frac{12 - 0,7}{150 \mu A}$$

$$R_B = 75,33 k\Omega$$

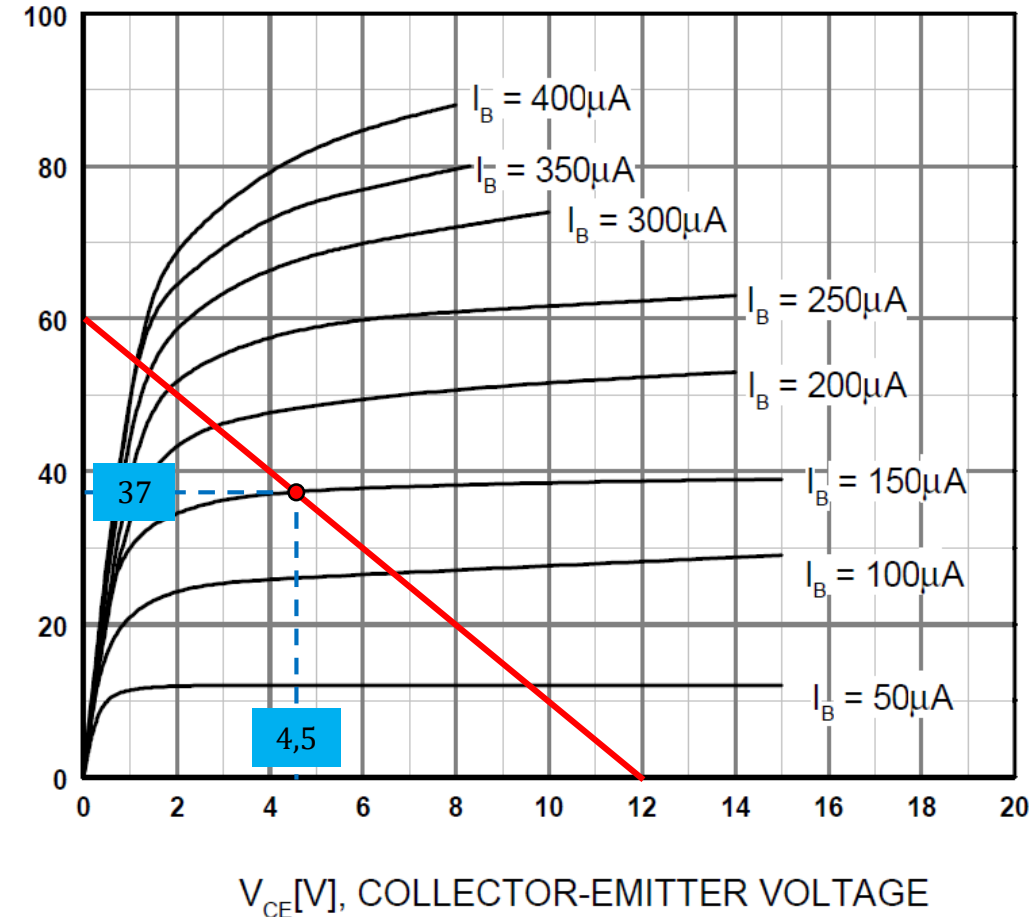
Polarização Fixa

- Exemplo 1 – Construir o circuito abaixo no LTspice;
- Determinar os valores de R_c e R_b para ajustar o ponto de operação do circuito.
- Comparar os valores da simulação com os valores de I_C e V_{CE} .



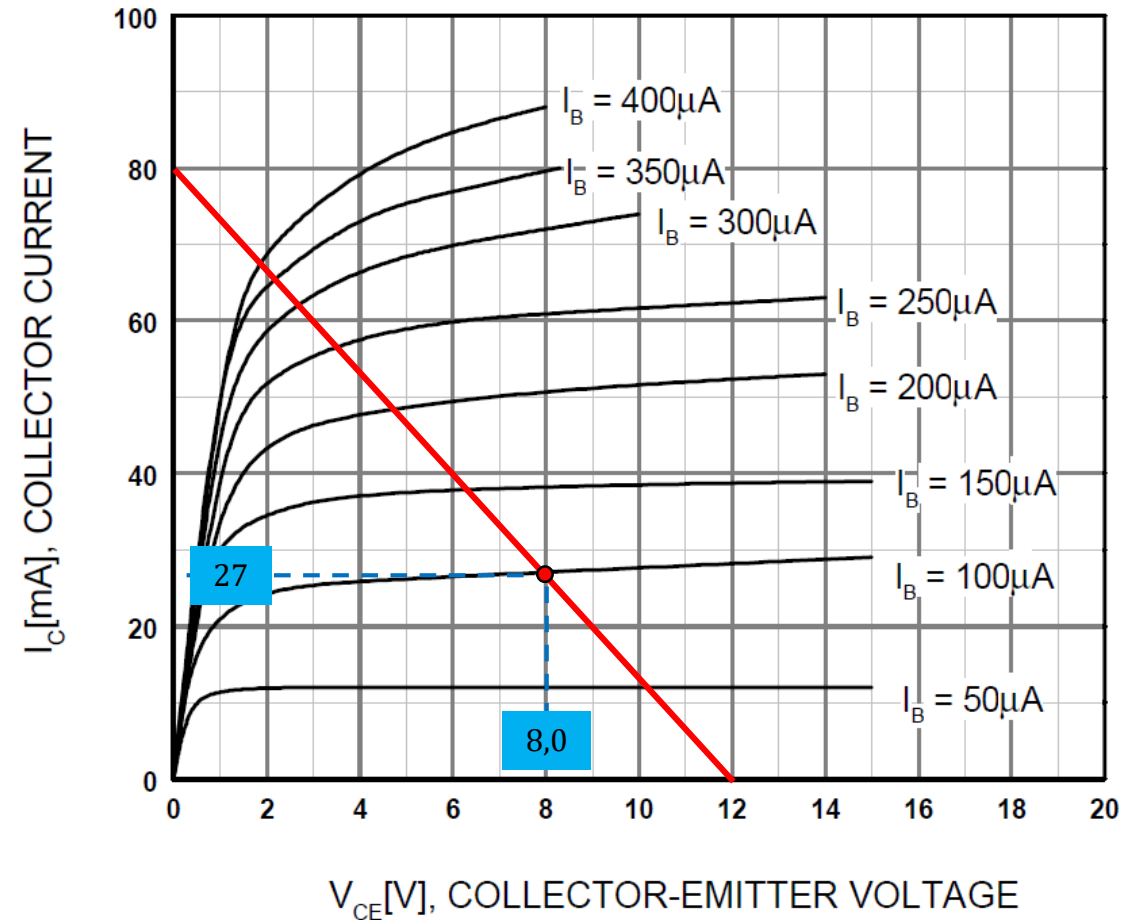
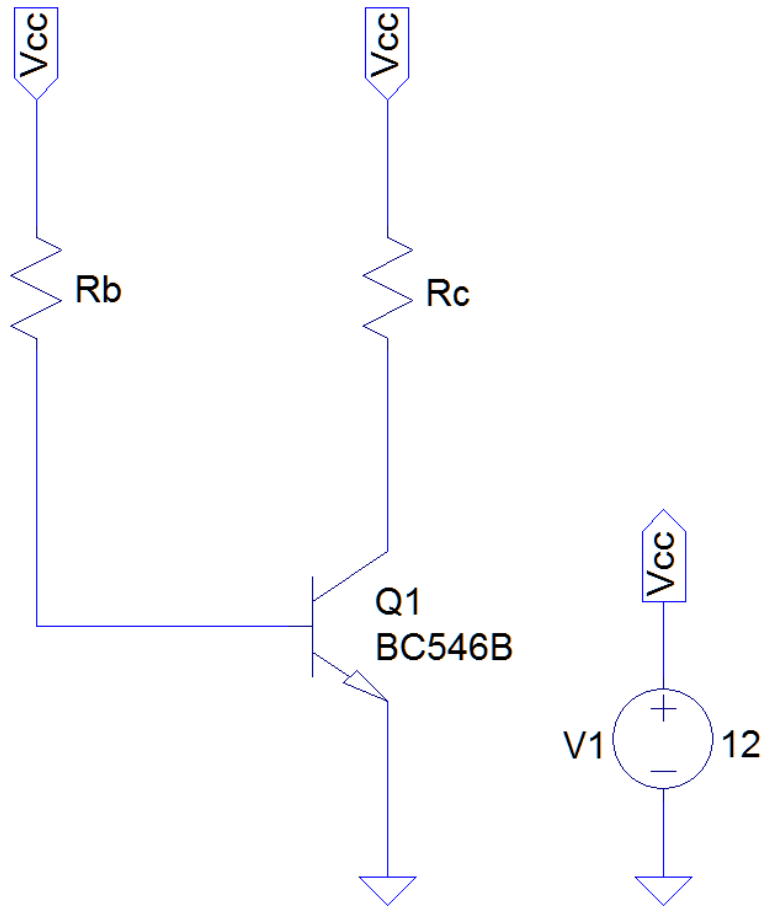
--- Operating Point ---			
V(c) :	4.78313	voltage	
V(b) :	0.75332	voltage	
V(vcc) :	12	voltage	
Ic(Q1) :	0.0360844	device_current	
Ib(Q1) :	0.000149299	device_current	
Ie(Q1) :	-0.0362337	device_current	
I(Rc) :	0.0360844	device_current	
I(Rb) :	0.000149299	device_current	
I(V1) :	-0.0362337	device_current	

I_C [mA], COLLECTOR CURRENT



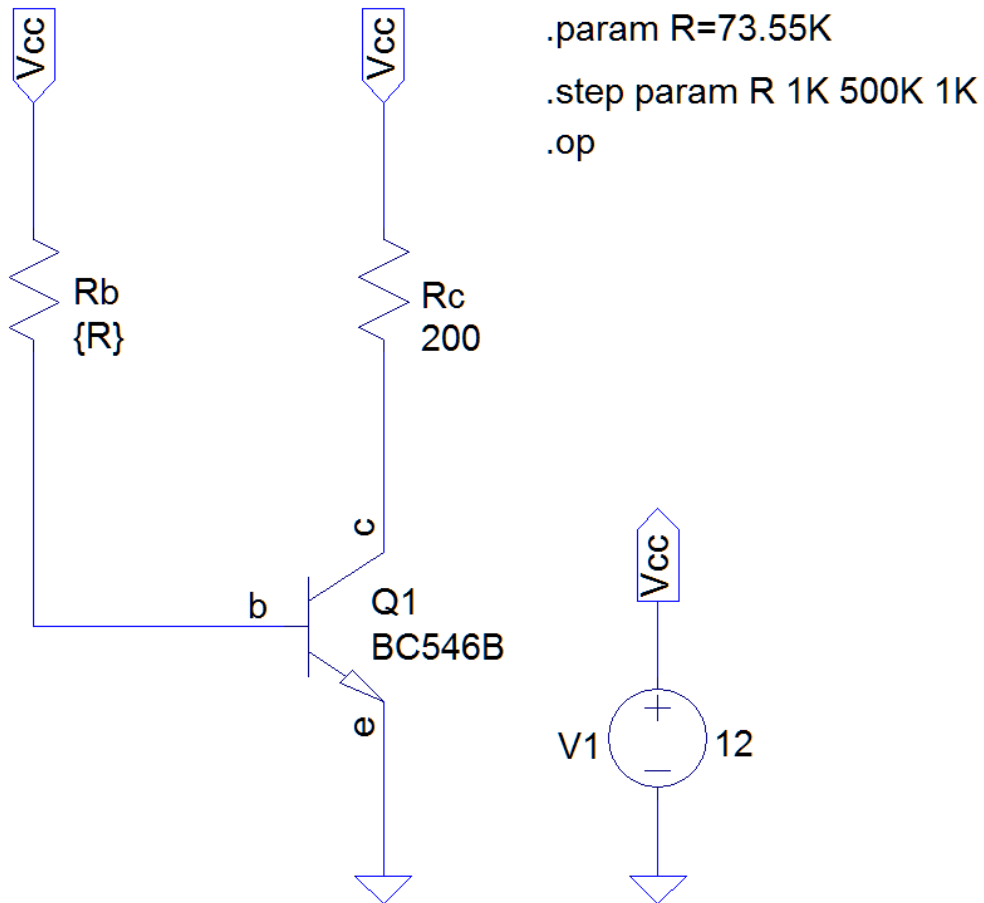
Experimento 1: Polarização Fixa

- Construir o circuito abaixo no LTspice;
- Determinar os valores de R_c e R_b para ajustar o ponto de operação do circuito.
- Comparar os valores da simulação com os valores de I_C e V_{CE} .



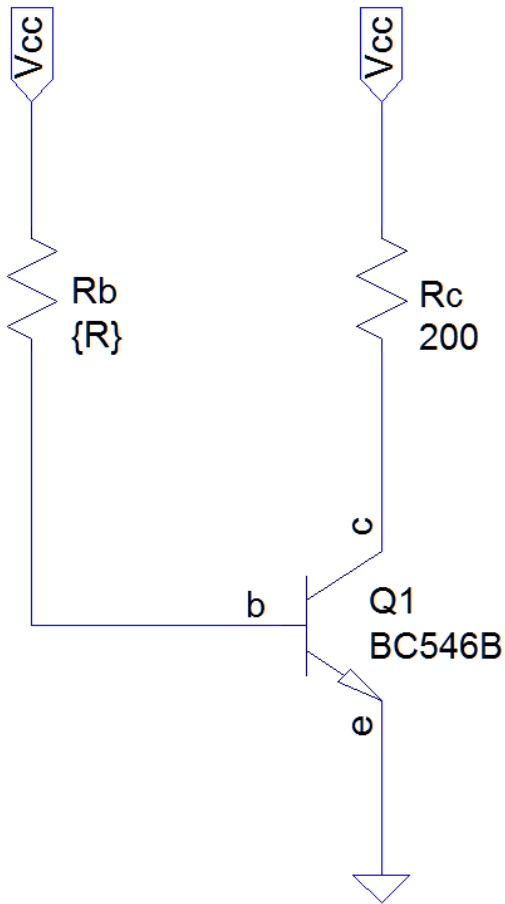
Polarização Fixa

- ❑ Exemplo 2 – Construir o circuito abaixo no LTspice;
- ❑ Observar os valores de I_C e V_{CE} em função de R_b para uma faixa de valores entre $1\text{ k}\Omega$ e $500\text{ k}\Omega$ com passo de $1\text{ k}\Omega$.
- ❑ Traçar a curva de β e determinar seu valor para $R_b = 350\text{ k}\Omega$.

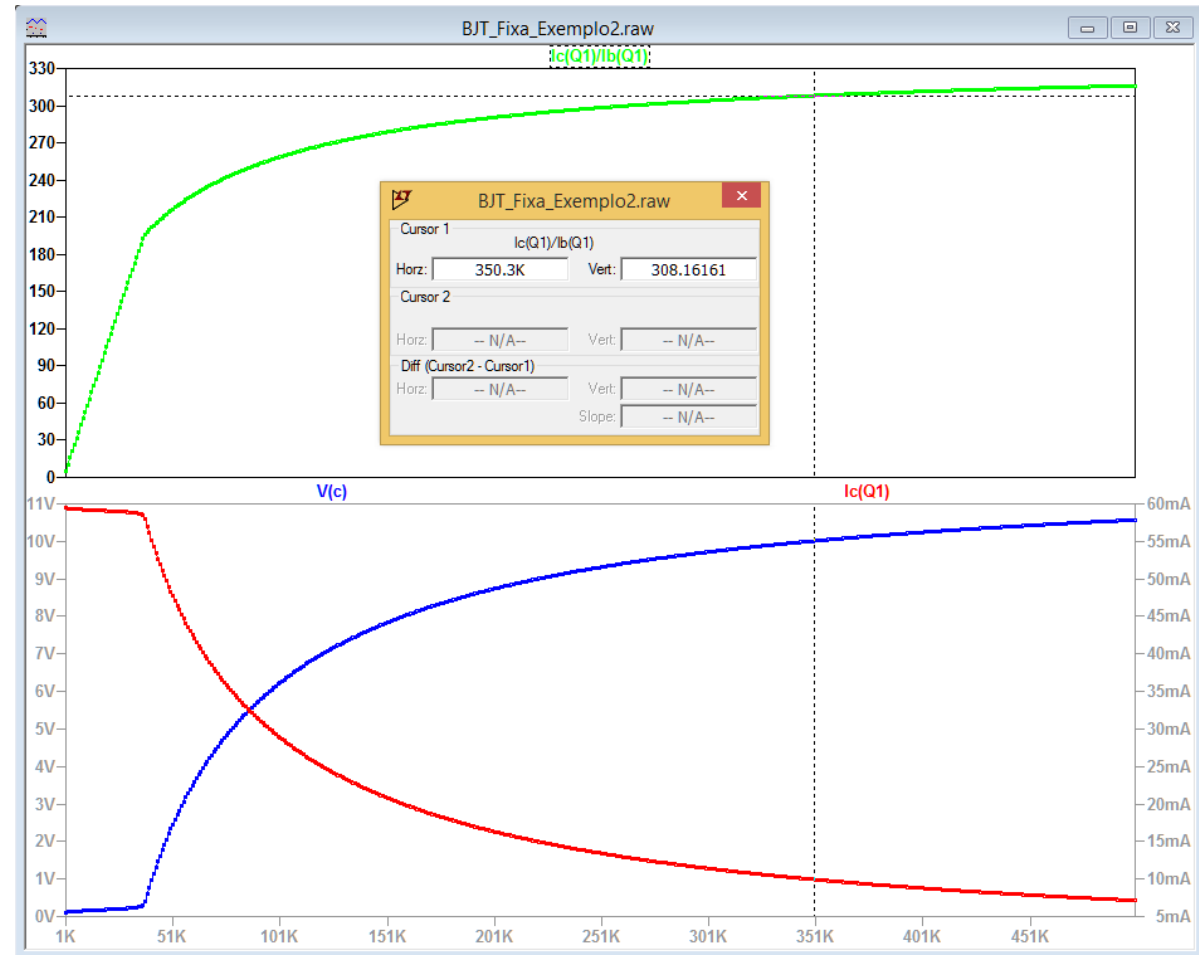


Polarização Fixa

- Exemplo 2 – Construir o circuito abaixo no LTspice;
- Observar os valores de I_C e V_{CE} em função de R_b para uma faixa de valores entre $1\text{ k}\Omega$ e $500\text{ k}\Omega$ com passo de $1\text{ k}\Omega$.
- Traçar a curva de β e determinar seu valor para $R_b = 350\text{ k}\Omega$.

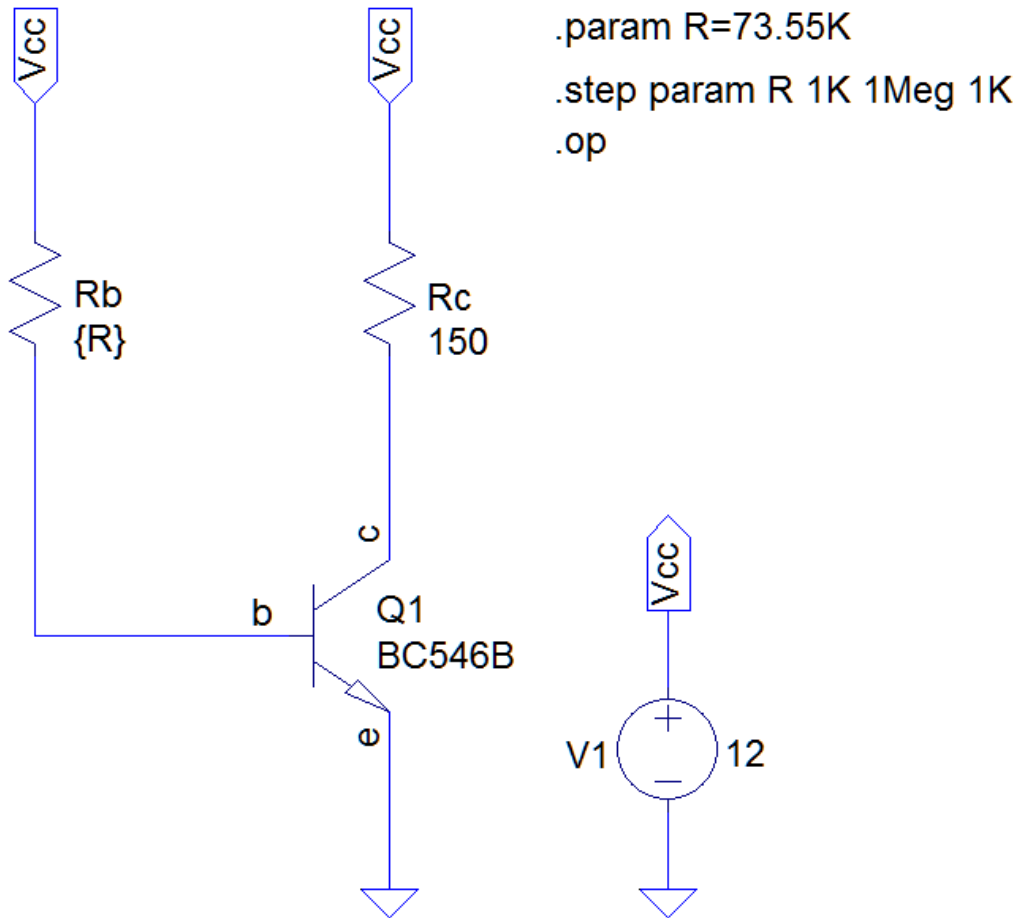


```
.param R=73.55K  
.step param R 1K 500K 1K  
.op
```



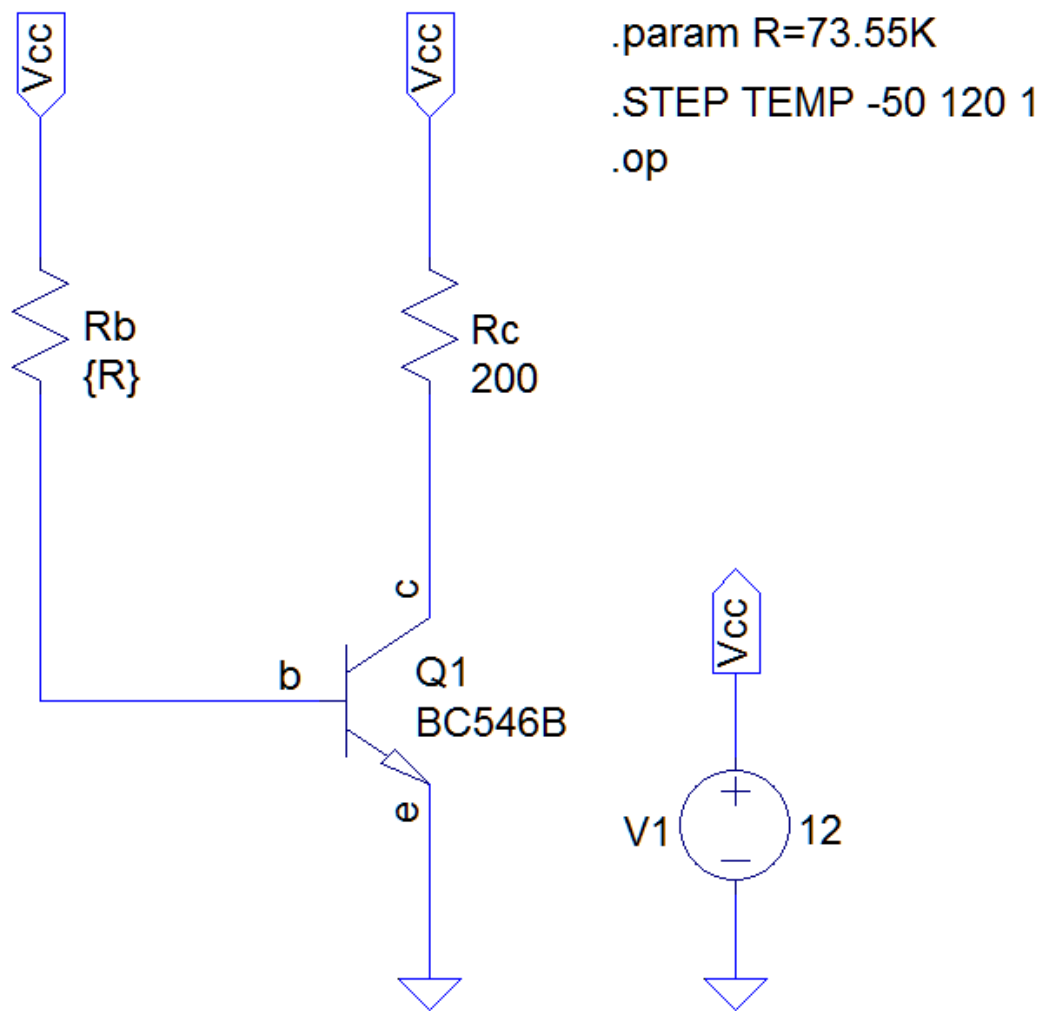
Experimento 2 – Polarização Fixa

- ❑ Construir o circuito abaixo no LTspice;
- ❑ Observar os valores de I_C e V_{CE} em função de R_b para uma faixa de valores entre $1\text{ k}\Omega$ e $1\text{ M}\Omega$ com passo de $1\text{ k}\Omega$.
- ❑ Traçar a curva de β e determinar seu valor para $R_b = 100\text{ k}\Omega$.



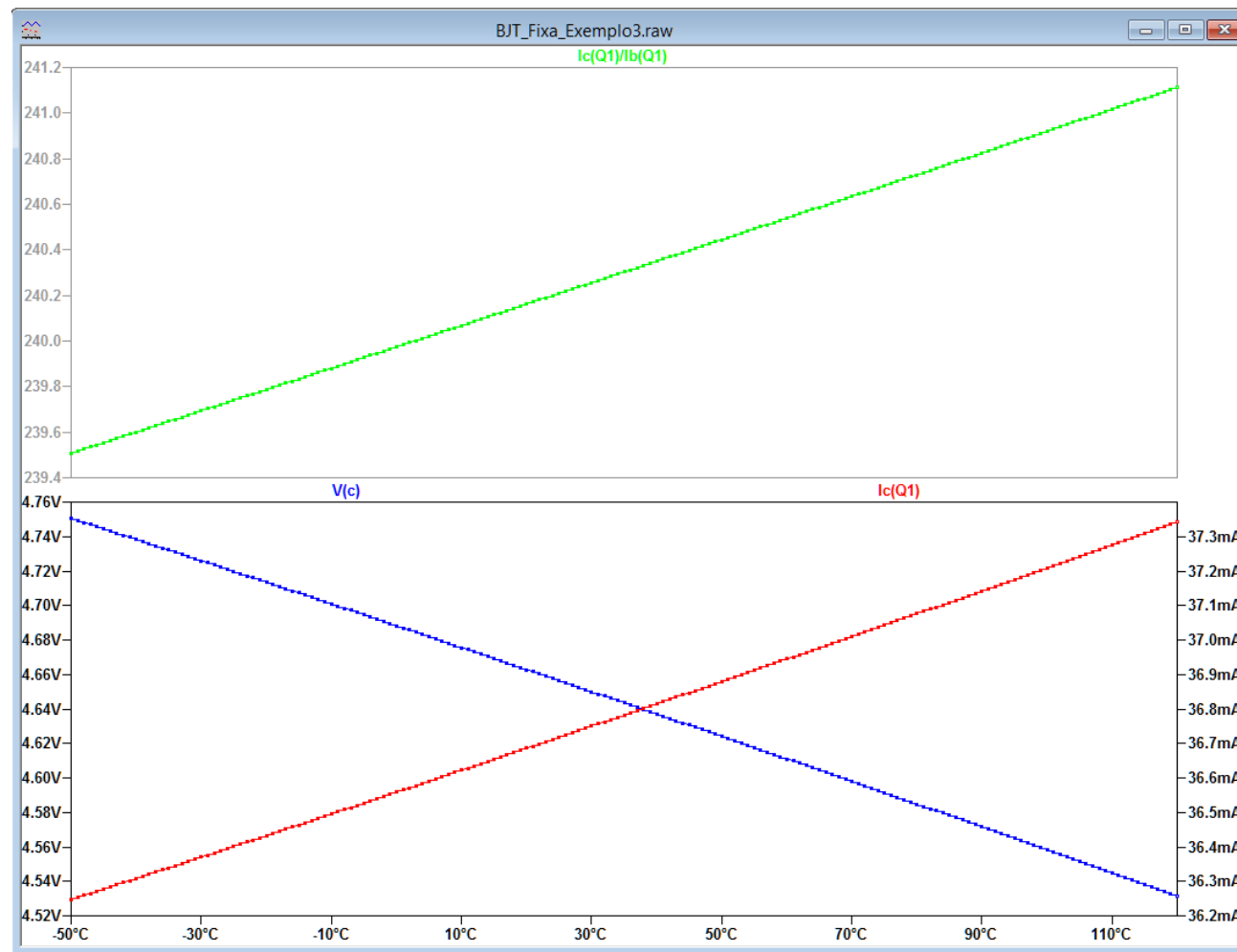
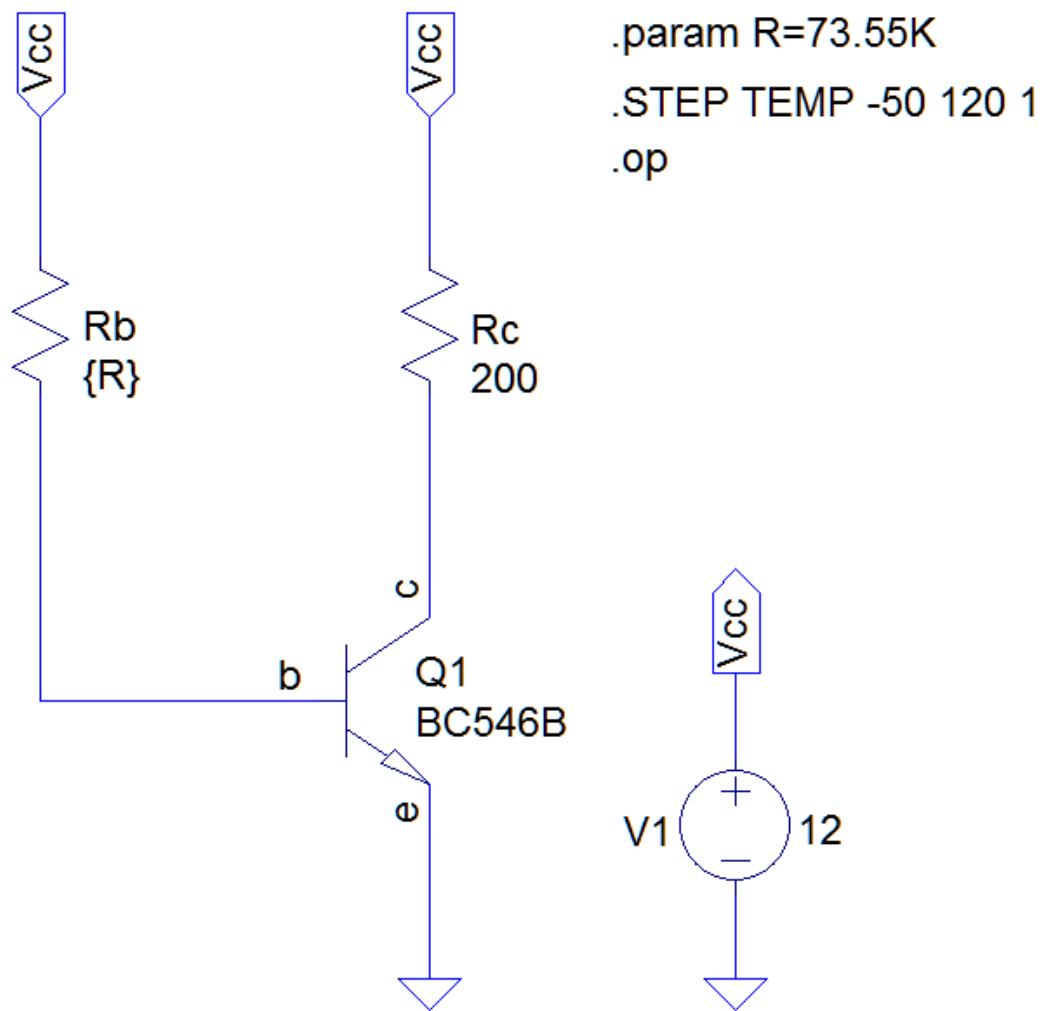
Polarização Fixa

- ❑ Exemplo 3 – Construir o circuito abaixo no LTspice;
- ❑ Observar os valores de I_C , V_{CE} e β em função da temperatura para uma faixa de valores entre $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ com passo de $1\text{ }^{\circ}\text{C}$.



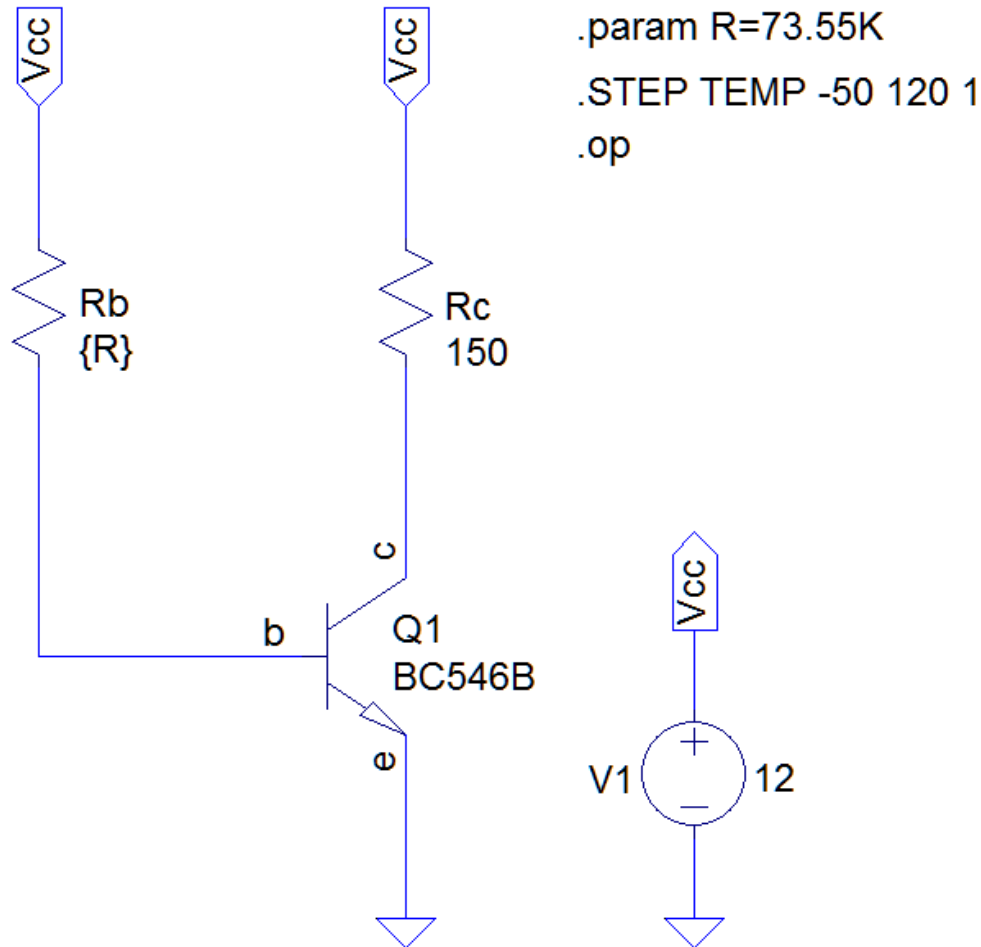
Polarização Fixa

- Exemplo 3 – Construir o circuito abaixo no LTspice;
- Observar os valores de I_C , V_{CE} e β em função da temperatura para uma faixa de valores entre -50°C e 120°C com passo de 1°C .



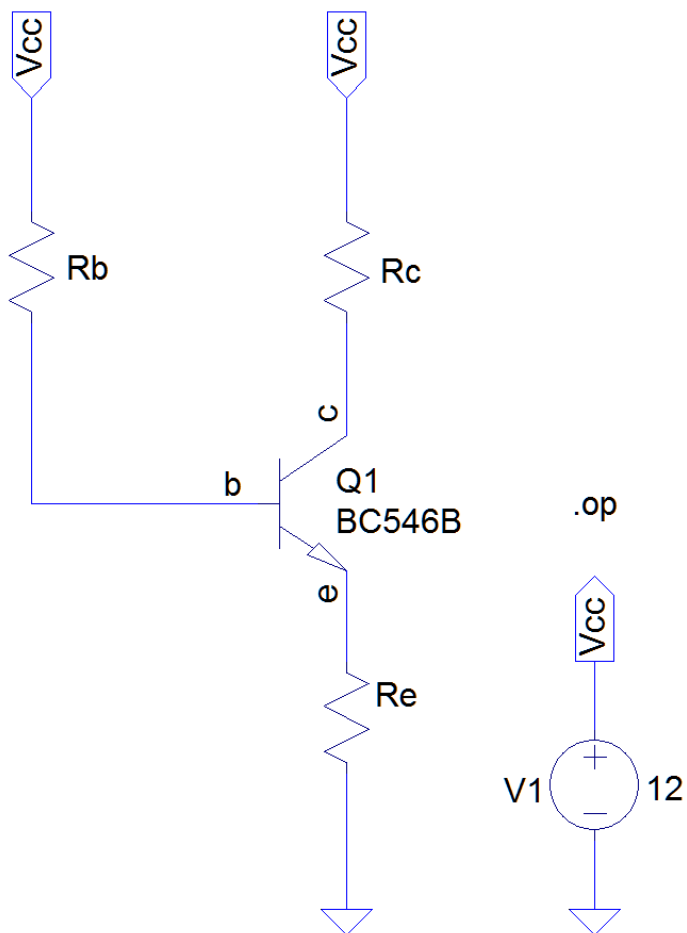
Experimento 3 – Polarização Fixa

- ❑ Construir o circuito abaixo no LTspice;
- ❑ Observar os valores de I_C , V_{CE} e β para uma temperatura de 85 °C.



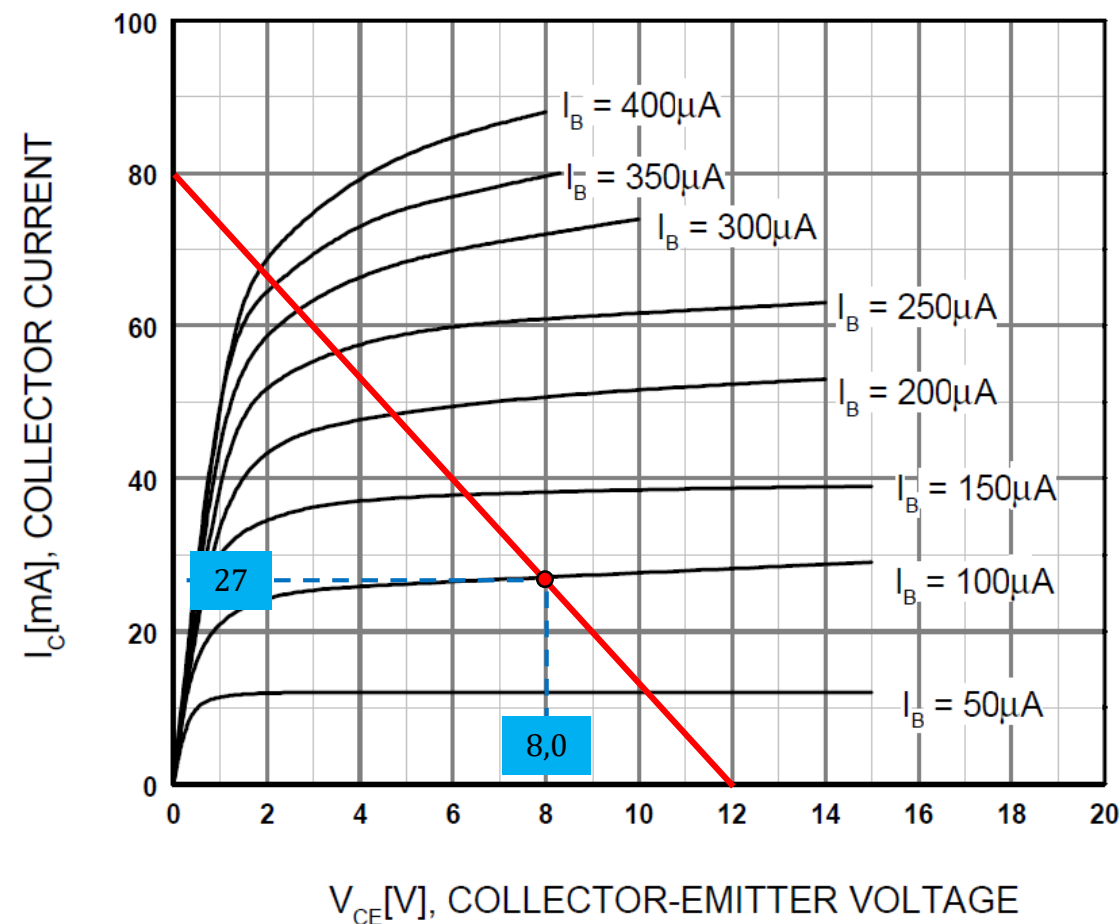
Experimento 4: Polarização Estável de Emissor

- Construir o circuito abaixo no LTspice;
- Determinar os valores de R_c , R_e e R_b para ajustar o ponto de operação do circuito.
- Comparar os valores da simulação com os valores de I_C e V_C .



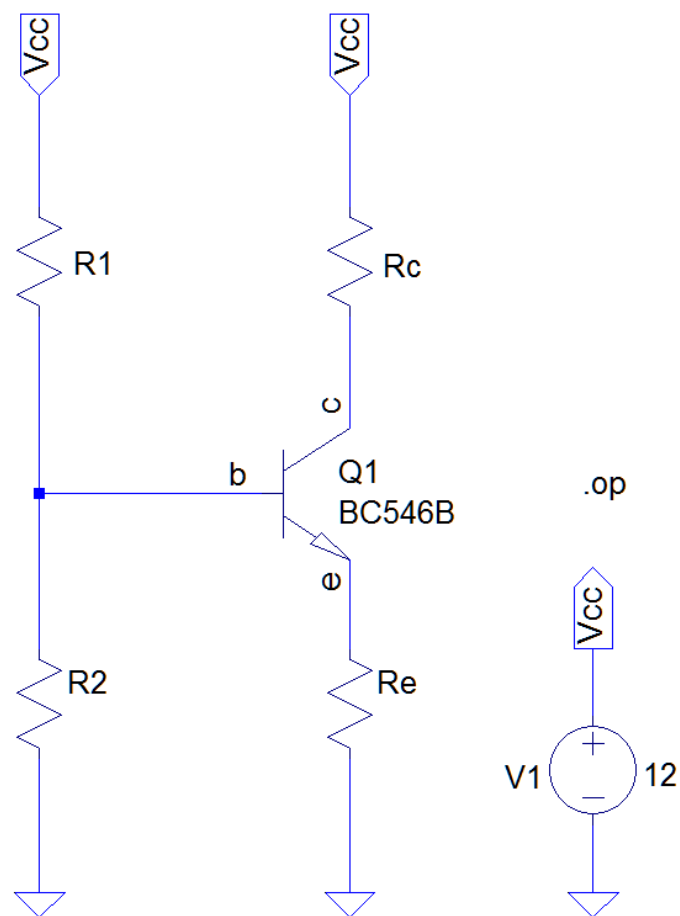
Considerar:

$$V_{RE} = \frac{1}{10} V_{CC}$$



Experimento 5: Polarização por Divisor de Tensão

- Construir o circuito abaixo no LTspice;
- Determinar os valores de R_E , R_C , R_1 e R_2 para ajustar o ponto de operação do circuito.
- Comparar os valores da simulação com os valores de I_C e V_{CE} .



Considerar análise exata:

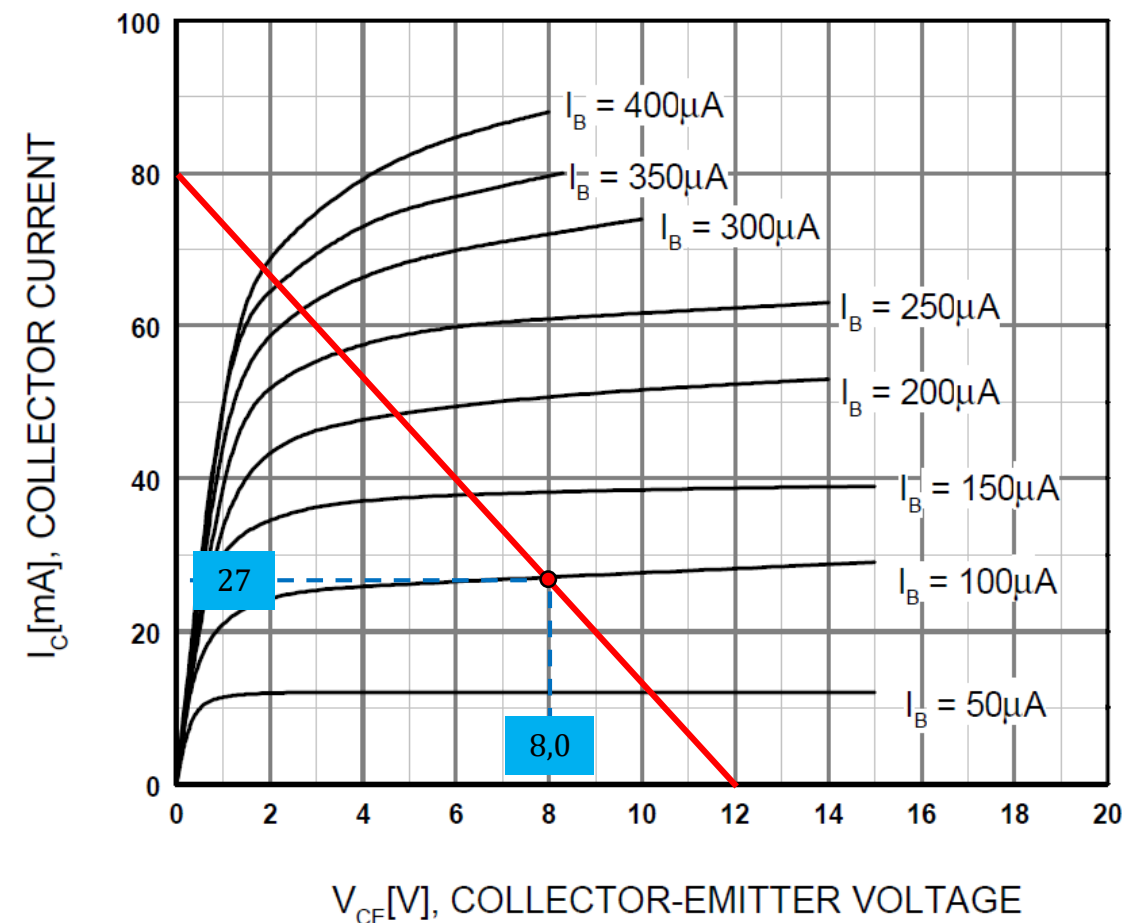
$$V_{RE} = \frac{1}{10} V_{CC}$$

$$R_2 \leq \frac{1}{10} \beta R_E$$

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

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

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



- ❑ Boylestad, Robert L.; Nashelsky, Louis “Dispositivos Eletrônicos e Teoria de Circuitos”, 6 ed., Rio de Janeiro, LTC (1998)
- ❑ Boylestad, Robert L.; Nashelsky, Louis “Electronic Devices and Circuit Theory”, 11 ed., Boston, Pearson (2013).