

# Análise de Amplificador Transistorizado em Configuração de Emissor-Comum

João Pedro Rey

August 2025

## 1 Determinação dos valores de polarização CC do transistor

Considere o circuito amplificador em configuração de emissor-comum apresentado a seguir, os valores dos componentes estão inseridos no desenho.

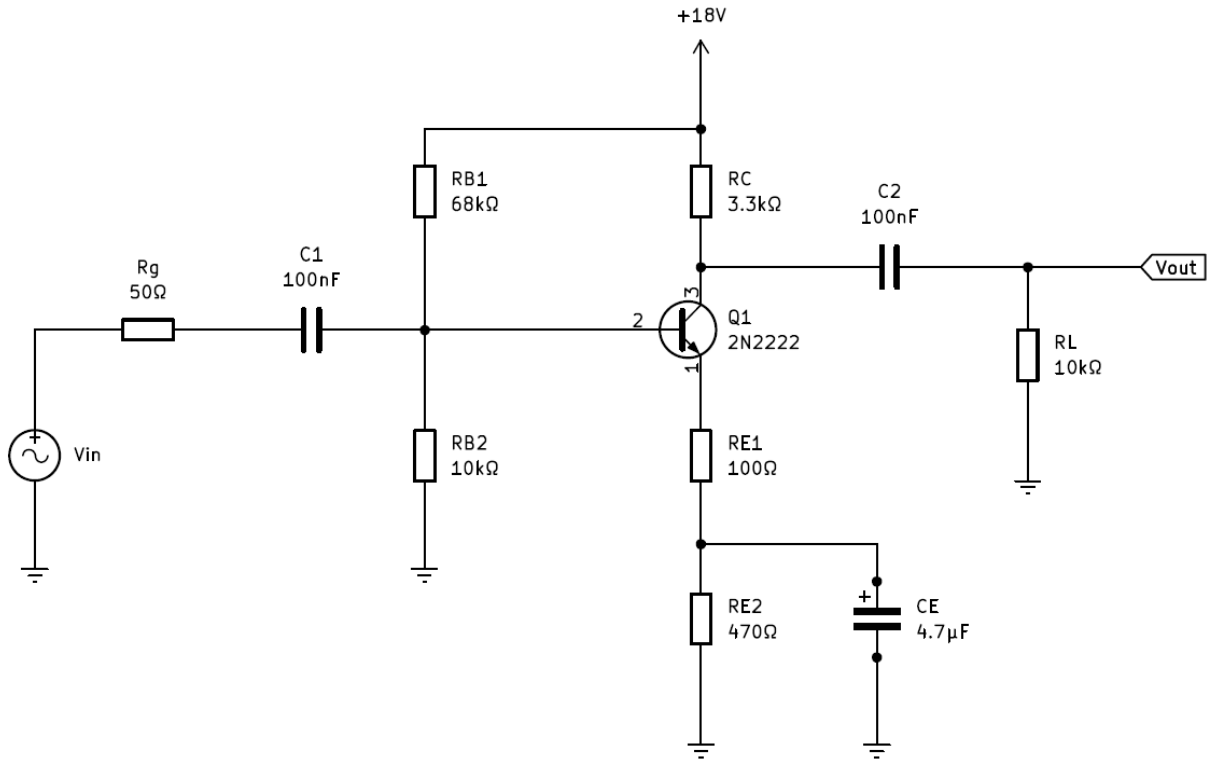


Figure 1: Amplificador em Emissor-Comum com transistor NPN 2N2222.

Os parâmetros de análise CC do circuito são calculados como segue:

Resistência de Thévenin equivalente vista pelo terminal de base:

$$R_{th} = R_{B1} || R_{B2} = \frac{10 \times 68}{10 + 68} \approx 8.72 \text{ k}\Omega$$

Tensão de Thévenin equivalente vista pelo terminal de base:

$$V_B = V_{CC} \frac{R_{B2}}{R_{B2} + R_{B1}} = 18 \times \frac{10}{10 + 68} \approx 2.31 \text{ V}$$

Corrente de base:

$$I_B = \frac{V_B - V_{BE}}{R_{th} + (\beta + 1)R_E} = \frac{2.31 - 0.7}{8.72 \times 10^3 + 201 \times 570} \approx 13.06 \mu\text{A}$$

Tensão de emissor:

$$V_E = V_B - V_{BE} = 2.31 - 0.7 = 1.61 \text{ V}$$

Corrente de emissor:

$$I_E = \frac{V_E}{R_E} = \frac{1.61}{570} \approx 2.82 \text{ mA}$$

Corrente de coletor:

$$I_C \approx \frac{\beta}{\beta + 1} I_E \Rightarrow I_C = 0.995 \times 2.82 = 2.8 \text{ mA}$$

Tensão de coletor:

$$V_C = V_{CC} - R_C I_C = 18 - 3.3 \times 2.8 = 8.74 \text{ V}$$

Tensão coletor-emissor:

$$V_{CE} = V_C - V_E = 8.74 - 1.61 \approx 7.13 \text{ V}$$

O circuito amplificador em emissor-comum montado na protoboard:

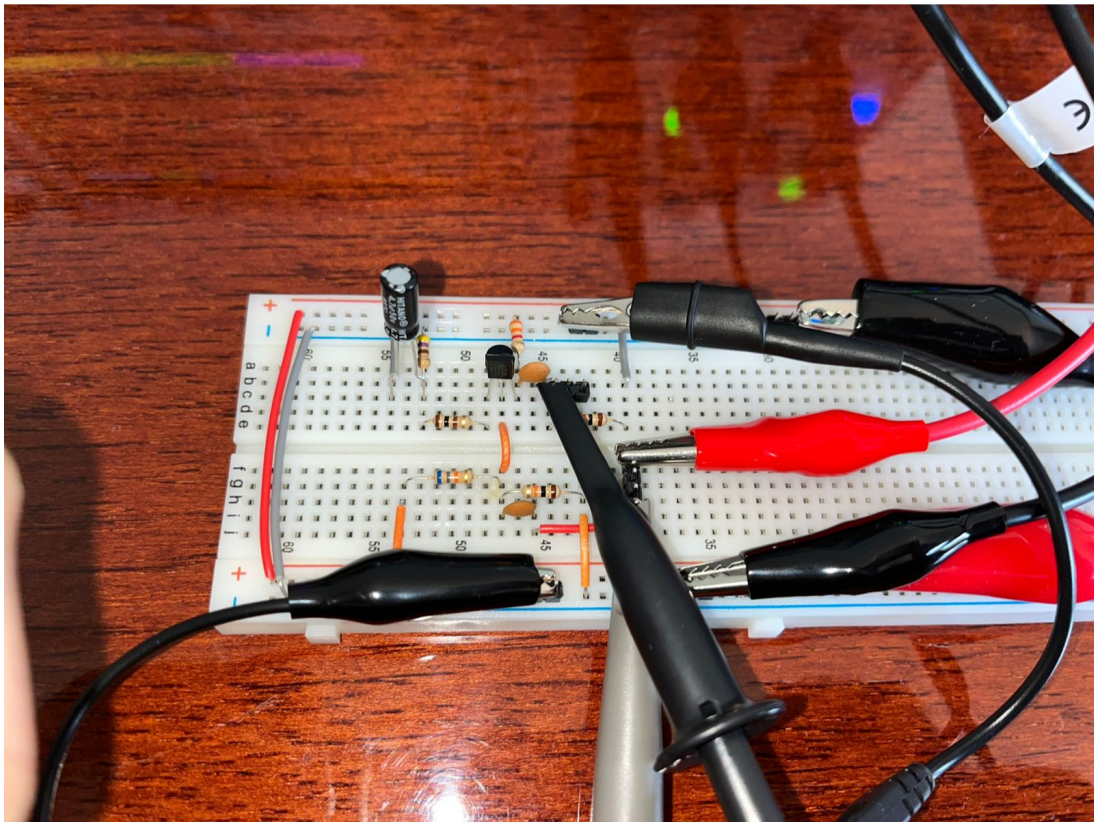


Figure 2: Circuito amplificador em emissor-comum montado na protoboard

Os capacitores  $C_1$  e  $C_2$  são utilizados como capacitores de desacoplamento do nível DC. O capacitor  $C_E$  é denominado capacitor de by-pass e tem como propósito manter o ganho de sinal estável em altas frequências, pois o mesmo se comportará como um curto-circuito.

Os valores medidos através do multímetro para as tensões de emissor  $V_E$ , coletor-emissor  $V_{CE}$  e base  $V_B$  estão apresentados a seguir, respectivamente:



Figure 3: Tensão de emissor do transistor medida com o multímetro



Figure 4: Tensão de coletor-emissor do transistor medida com o multímetro



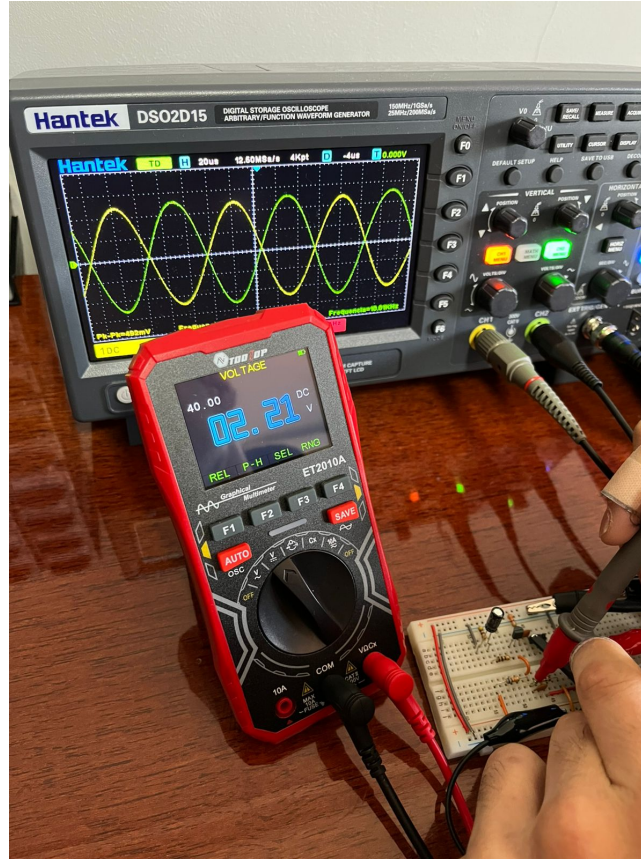


Figure 5: Tensão de base do transistor medida com o multímetro.

## 2 Análise CA do transistor

O modelo  $r_e$  de pequenos sinais para o transistor BJT em emissor-comum está apresentado como segue abaixo:

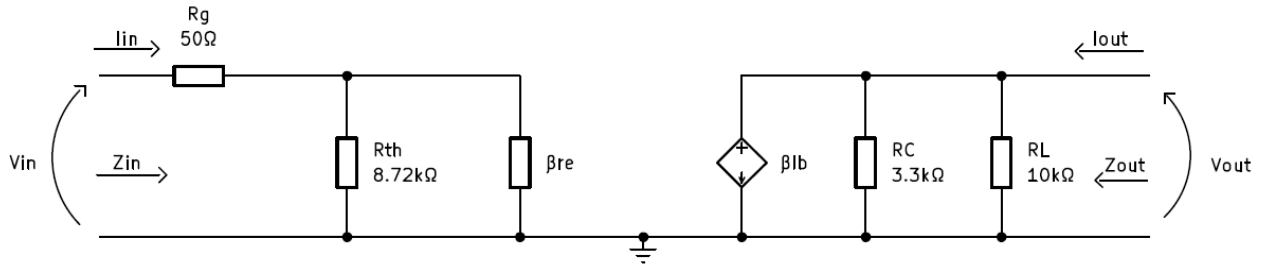


Figure 6: Modelo  $r_e$  de pequenos sinais do transistor bipolar de junção.

A resistência  $R_g$  representa a impedância de saída do gerador de sinais. A resistência  $r_e$  representa a resistência de corpo do diodo da junção base emissor. O datasheet do transistor 2N2222 fornece um valor para o ganho DC de  $\beta = 200$ . Determinando os parâmetros da análise CA para a configuração de emissor-comum com polarização de base por divisor de tensão, temos:

Resistência  $r_e$ :

$$r_e = \frac{V_T}{I_E} = \frac{26mV}{2.82mA} \approx 9.22 \Omega$$

Corrente de entrada do circuito:

$$I_{in} = I_B \approx 13.06 \mu A$$

Cálculo da impedância de entrada do circuito:

$$Z_{in} = R_{th} || \beta r_e = \frac{8.72 \times 1.844}{8.72 + 1.844} \approx 1.52 k\Omega$$

Impedância de saída do circuito:

$$Z_{out} = R_C || R_L = \frac{3.3 \times 10}{3.3 + 10} \approx 2.48 \text{ k}\Omega$$

Para determinarmos o ganho de tensão do circuito podemos utilizar a relação entre a tensão de saída e a tensão de entrada do amplificador:

$$A_{v_L} = \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

$$V_{out} = -\beta I_B \times (R_C || R_L) = -\beta \frac{V_{in}}{\beta r_e} \times (R_C || R_L)$$

Portanto, o ganho de tensão do amplificador emissor-comum é dado por:

$$A_{v_L} = -\frac{(R_C || R_L)}{r_e} = -\frac{2.48 \times 10^3}{(9.22 + 100)} \approx -22.7$$

Note que o resistor  $R_{E1}$  está em série com a resistência  $r_e$  do transistor, de forma que o valor de  $R_{E1}$  entra no cálculo do ganho de tensão do amplificador. O sinal negativo do ganho indica um deslocamento de fase de  $180^\circ$  no sinal de saída com relação ao sinal de entrada. Esta inversão de fase é característica da configuração em emissor-comum.

O ganho de tensão do circuito amplificador considerando a impedância de saída do gerador de funções será dado por:

$$A_{v_S} = \frac{Z_{in}}{Z_{in} + R_g} \times A_{v_L} = \frac{1522}{1522 + 50} \times (-22.7) \approx -21.98$$

É interessante notar que o resistor  $R_{E1}$  conectado ao terminal de emissor é responsável por limitar o ganho do circuito consideravelmente. Este resistor pode ser utilizado em circuitos de áudio cujo ganho deve ser mantido em uma faixa de valores para que não haja ceifamento dos picos do sinal original, sendo possível adicionar um potenciômetro para realizar ajustes de ganho no amplificador.

Além disto, o resistor  $R_{E1}$  garante melhor estabilidade térmica de operação do BJT, visto que caso haja um aumento na temperatura, a corrente de coletor aumentará, e portanto a queda de tensão em  $R_{E1}$  será maior. A queda de tensão em  $R_{E1}$  aumentando, o valor de  $V_{BE}$  tende a diminuir e portanto a corrente de coletor tenderá a diminuir de mesma forma, realizando uma espécie de realimentação negativa no circuito. Este fator de estabilidade térmica garante um ponto quiescente de operação mais estável, aumentando a confiabilidade do circuito.

Através da montagem em protoboard, é possível validar na prática o valor do ganho de tensão calculado através da análise CA. O sinal medido no canal 1 do osciloscópio (amarelo) é uma onda senoidal injetada pelo gerador de funções de amplitude de 250 mV e frequência de 10kHz. O canal 2 do osciloscópio (verde) apresenta o sinal de saída de aproximadamente 5 V de amplitude e um deslocamento de fase de  $180^\circ$  como ilustrado a seguir:

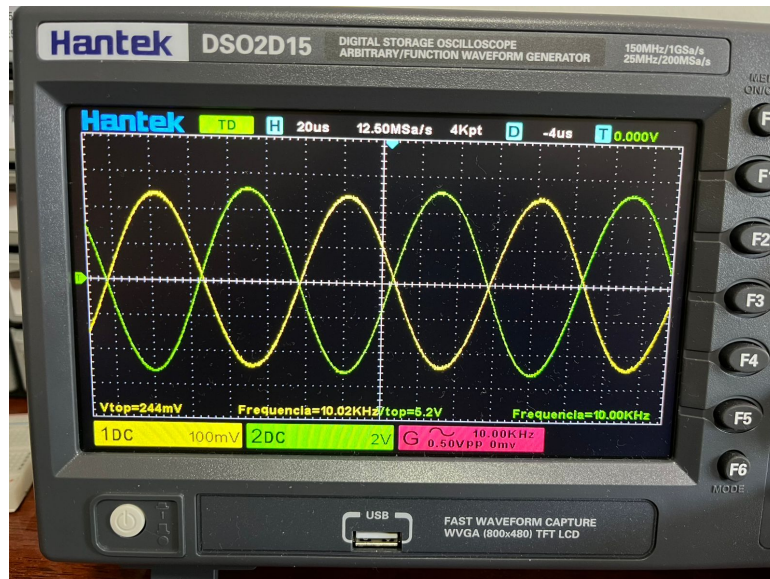


Figure 7: Sinais de entrada (CH1) e de saída (CH2) do circuito amplificador medidos com o osciloscópio.