

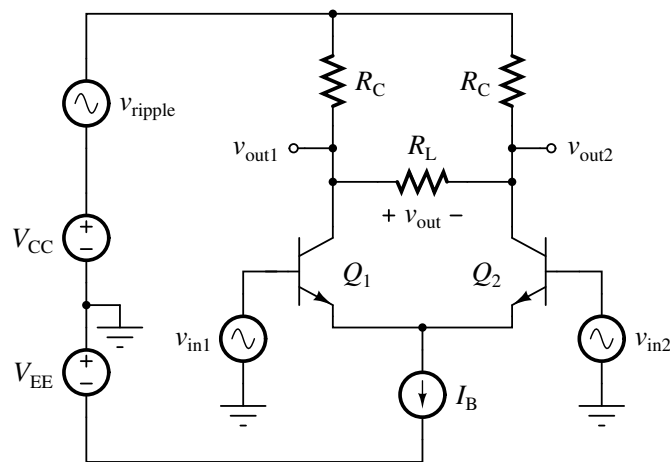
## Roteiro de Aula Prática

### Aula P1: simulação de par diferencial com transistor bipolar de junção.

#### Objetivo:

- Praticar uso de ferramenta de simulação elétrica para circuitos analógicos;
- Melhorar a compreensão do circuito par diferencial e suas características.

#### Procedimento prático:



**Figura 1:** Circuito estudo de caso.

1. Descreva o circuito da **Figura 1** no simulador elétrico Micro-Cap considerando  $V_{CC} = V_{EE} = 12\text{ V}$ ,  $v_{\text{ripple}} = v_{\text{in1}} = v_{\text{in2}} = 0\text{ V}$ ,  $I_B = 2\text{ mA}$ ,  $R_C = 10\text{ k}\Omega$ ,  $R_L = 1\text{ G}\Omega$  e  $Q_1 = Q_2 = 2\text{N2219A}$  ( $\beta \approx 200$  e  $V_{BE} \approx 0,7\text{ V}$ ). Calcule analiticamente o ponto quiescente do circuito ( $I_C$  e  $V_{CE}$ ) e compare com os resultados de uma simulação DC;
2. Calcule analiticamente o ganho de tensão diferencial  $A_d$  do circuito, desprezando o efeito Early (i.e.,  $V_A = -\infty\text{ V}$ ). Lembre-se que  $A_d = v_{\text{out}}/v_d$ , onde  $v_d = v_{\text{in1}} - v_{\text{in2}}$ . Se necessário, recorra à leitura da seção 10.2.3 do livro do Razavi, 2017.
3. Mantendo  $v_{\text{in2}} = 0\text{ V}$ , ajuste a fonte  $v_{\text{in1}}$  para uma forma de onda senoidal com amplitude  $1\text{ mV}$  e frequência de  $1\text{ kHz}$  e verifique o ganho de tensão diferencial do circuito a partir de uma simulação transiente. Compare com o resultado calculado analiticamente e discuta o resultado;
4. Mantenha o ajuste da fonte  $v_{\text{in1}}$  e altere a fonte de tensão  $v_{\text{in2}}$  de tal modo que  $v_{\text{in2}} = -v_{\text{in1}}$ . Verifique o ganho de tensão diferencial do circuito, compare com o resultado calculado analiticamente e discuta o resultado;
5. Repita a tarefa do item anterior considerando diferentes resistências de carga, a saber  $R_L = 1\text{ k}\Omega$  e  $R_L = 1\text{ M}\Omega$ . A partir dos resultados, o que é possível inferir acerca da resistência de saída do circuito? Explique;
6. Altere  $R_L$  novamente para  $1\text{ G}\Omega$ , faça  $v_{\text{in2}} = v_{\text{in1}}$  e determine o ganho de tensão diferencial de modo comum  $A_{\text{cm}}$ , i.e., quando ambas as entradas apresentam o mesmo sinal. Faça uma pesquisa sobre a *razão de rejeição de modo comum* (CMRR) e quantifique esta métrica para o circuito em questão;

Anotações, comentários e conclusões: