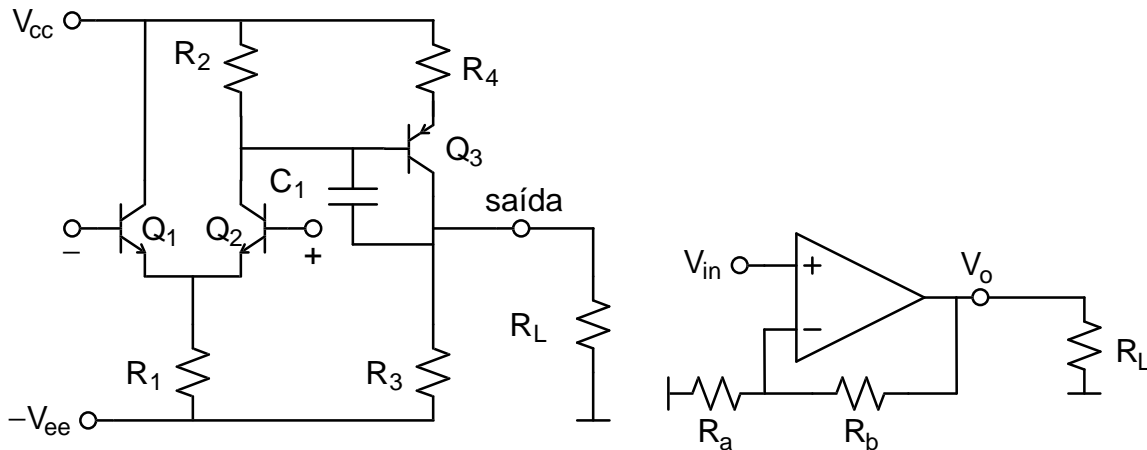


**Amplificador operacional e realimentação série-paralelo.**

**Objetivo:** Estudar a realimentação série-paralelo usando um amplificador operacional discreto simples como amplificador básico.

**Projeto:** Dimensione o amplificador abaixo, que tem a estrutura de um amplificador operacional típico, simplificada. Foi introduzido um resistor em série com o emissor de  $Q_3$ , com o objetivo de reduzir o ganho do amplificador e permitir mais clara observação dos efeitos da realimentação. Use  $R_4$  com valor tal que permita a excursão de sinal de  $\pm 5V$  com corrente de saída de  $\pm 5\text{ mA}$  com uma carga  $R_L$  de  $1\text{ k}\Omega$  na saída. Dimensione  $C_1$  para manter a frequência de corte superior em  $5\text{ kHz}$ . Nesta experiência, o amplificador será ligado como amplificador não inversor, com realimentação série-paralelo (amostra de tensão na saída em paralelo e realimentação de tensão na entrada em série). Dimensione os resistores  $R_a$  e  $R_b$  para ganho ideal  $\approx 10$ , e de forma que o amplificador ainda possa alimentar uma carga de  $1.5\text{ k}\Omega$  sem distorção.



**Calcule:**

- O ganho de tensão para entrada diferencial do amplificador básico, considerando a carga  $R_L=1.5\text{ k}\Omega$ , e suas impedâncias de entrada e saída em baixa frequência.
- O fator  $\beta$  de realimentação.
- O ganho de tensão em baixa frequência e as impedâncias de entrada e saída do amplificador completo realimentado.
- A frequência de corte superior do amplificador realimentado, assumindo que apenas  $C_1$  a determina.
- Simule o circuito para comprovar os cálculos, e ver se as aproximações usadas são válidas.

**Medidas:**

Conecte capacitores de “bypass” entre as fontes de alimentação e a terra (isto sempre deve ser feito). Use capacitores de  $47\text{ nF}$ .

- 1) Com o circuito realimentado montado, primeiramente verifique se o amplificador funciona, está estável, e gera a excursão de sinal esperada. Depois meça, com o osciloscópio, as tensões internas de polarização, para  $V_{in}=0$ .
- 2) Meça a resposta em frequência do amplificador realimentado. Se possível, use uma ponteira atenuadora no osciloscópio, para evitar carregamento capacitivo excessivo por uma ponteira comum.
- 3) Meça o ganho de tensão em baixa frequência do amplificador básico, medindo a relação entre a tensão de saída do amplificador realimentado e a diferença entre as tensões nos terminais (+) e (-) do amplificador. Use um voltímetro AC e repita com o osciloscópio com duas ponteiras, usando a diferença entre as tensões nas entradas como a tensão de entrada diferencial, para conferir. Verifique se o amplificador não se instabiliza durante a medida, monitorando a saída com o osciloscópio.
- 4) Meça as impedâncias de entrada e saída do amplificador realimentado, em baixa frequência.
- 5) Obtenha o produto ganho-banda passante (GB) e o “slew rate” do amplificador. Interpole GB a partir da resposta em frequência medida, e meça o “slew rate” observando a resposta a uma onda quadrada.

Compare todas as medidas com as previsões teóricas e resultados de simulação e comente.