

# Laboratório 3a - Oscilador por Deslocamento de Fase - Atividades Prévias

Prof. Luis Henrique F. C. de Mello

## 1 Introdução

Osciladores harmônicos são circuitos que geram um sinal senoidal relativamente puro através de um circuito ativo alimentado por uma fonte de tensão contínua. Tais circuitos utilizam uma malha de realimentação positiva com ganho de malha fechada que obedece ao critério de Barkhausen para uma frequência específica.

O oscilador por deslocamento de fase (Figura 1) utiliza um filtro RC em cadeia de 3<sup>a</sup> ordem (Figura 2) e um amplificador inversor que será implementado com componentes ativos: um transistor bipolar de junção NPN em configuração emissor comum (Figura 3a) e um amplificador operacional em configuração inversora (Figura 3b).

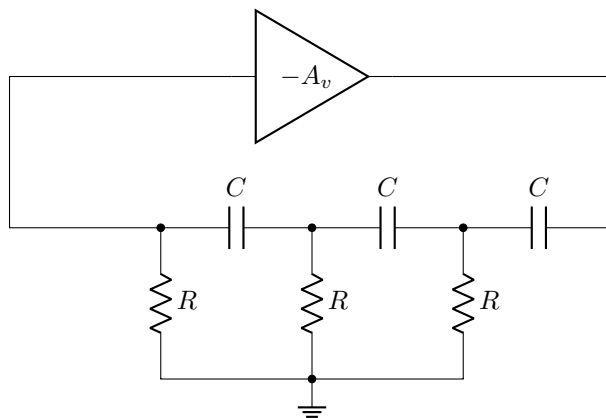


Figura 1: Oscilador por Deslocamento de Fase

## 2 Simulações SPICE

### 2.1 Filtro RC em cadeia de 3<sup>a</sup> ordem

1. Simule o circuito da Figura 2. Aplique uma fonte de tensão AC como entrada  $v_i$  e plote em análise AC a magnitude/módulo e fase (diagrama de Bode) da saída  $v_o$ .

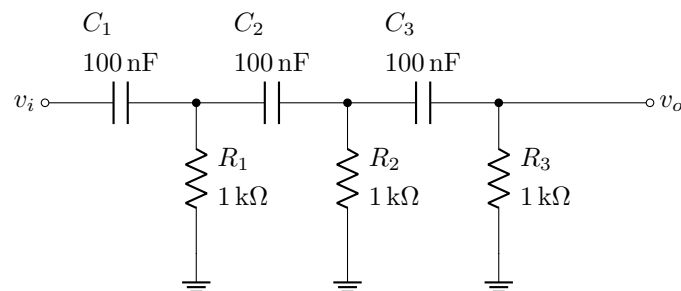


Figura 2: Filtro RC em cadeia de 3<sup>a</sup> ordem

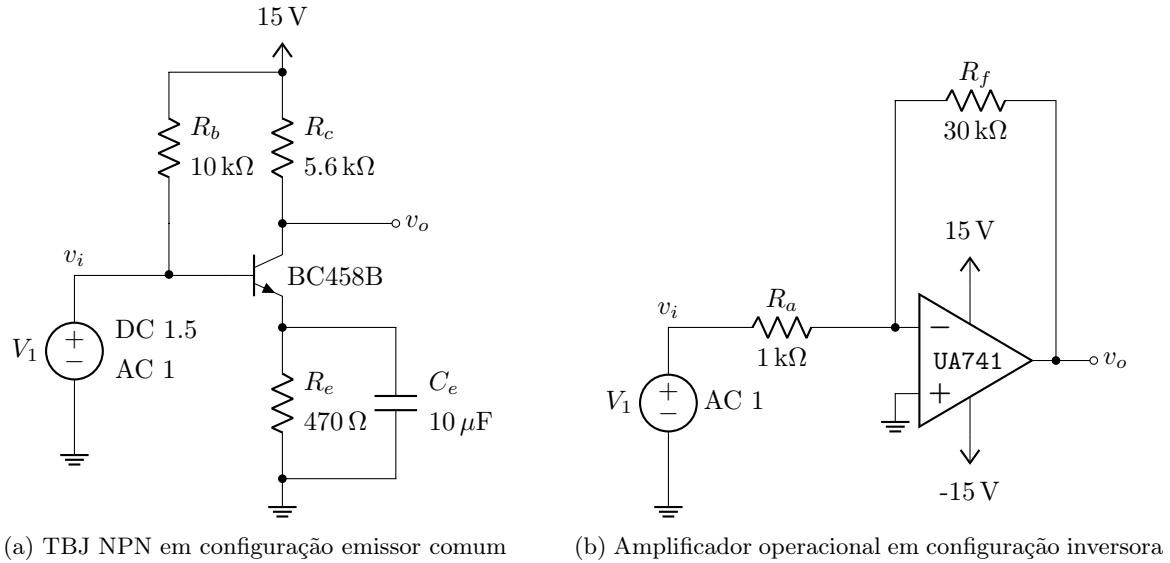


Figura 3: Amplificador inversor

- Qual a frequência  $f_o$  no qual o desvio de fase  $\phi$  do sinal de saída é de  $180^\circ$ ?
- Qual o ganho  $A_v$  do circuito na frequência  $f_o$ ?
- Qual o desvio de fase  $\phi$  do sinal de saída para  $f \rightarrow \infty$ ?

## 2.2 Amplificador inversor

- Simule o circuito da Figura 3a. Aplique uma fonte de tensão AC como entrada  $v_i$  e plote em análise AC a magnitude/módulo e fase (diagrama de Bode) da saída  $v_o$ <sup>1</sup>.
  - Qual o ganho  $A_v$  do circuito na frequência  $f_o$ ?
  - Qual o desvio de fase  $\phi$  do sinal de saída na frequência  $f_o$ ? É exatamente  $180^\circ$ ?
  - Qual o desvio de fase  $\phi$  do sinal de saída para  $f \rightarrow \infty$ ?
- Repita 1) para o circuito da Figura 3b.

## 2.3 Oscilador por Deslocamento de Fase

- Conecte a entrada do amplificador da Figura 3a na saída do filtro RC da Figura 2 e simule o circuito em malha fechada. Plote em análise TRAN a tensão do sinal da saída do amplificador com “zoom” temporal total e em detalhe da oscilação em regime<sup>2</sup>.
  - Qual o valor pico-a-pico da oscilação? E o valor médio?
  - Qual a frequência da oscilação? Difere de  $f_o$ ?
- Plote o espectro de frequências da tensão do sinal de saída através do algoritmo FFT<sup>3</sup>.
  - Qual a pureza harmônica da oscilação? Simule entre 900 ms e 1000 ms, meça os harmônicos e calcule a THD (Total Harmonic Distortion). Alternativamente, obtenha a THD da análise FOUR<sup>4</sup> (use o valor medido de  $f_o$  como frequência inicial).

<sup>1</sup>a tensão de *offset* DC de 1.5V em  $V_1$  é aproximadamente a tensão de polarização na base do transistor quando o amplificador está conectado na malha de realimentação.

<sup>2</sup>no LTSpice, tente a opção *startup* de análise TRAN para elevar as fontes DC em rampa até seu valor nominal e, assim, forçar rapidamente a oscilação. No ngspice, a opção *UIC* pode ajudar. Outra alternativa é adicionar uma fonte de tensão do tipo `pulse(0 15 10u 1n 1n 1u 10)` entre  $v_o$  e  $R_c$  (ou  $R_f$ ) como “gatilho” de oscilação. Em todo caso, caso não observe oscilação, aumente gradativamente o parâmetro TSTOP da simulação até que o ruído numérico seja amplificado suficientemente para promover a oscilação autônoma do circuito.

<sup>3</sup>ver exemplo “fft.sp”.

<sup>4</sup>ver exemplo “four.sp”

- 
- 
3. Repita 1) e 2) com o amplificador da Figura 3b. Conecte o último resistor da cadeia da Figura 2,  $R_3$ , na entrada inversora do amplificador operacional ao invés de conectá-lo ao terra, i.e., substitua  $R_a$  na Figura 3b por  $R_3$ . Varie o ganho do circuito modificando  $R_f$ . Comente eventuais discrepâncias.