

## INSTRUMENTAÇÃO ELECTRÓNICA

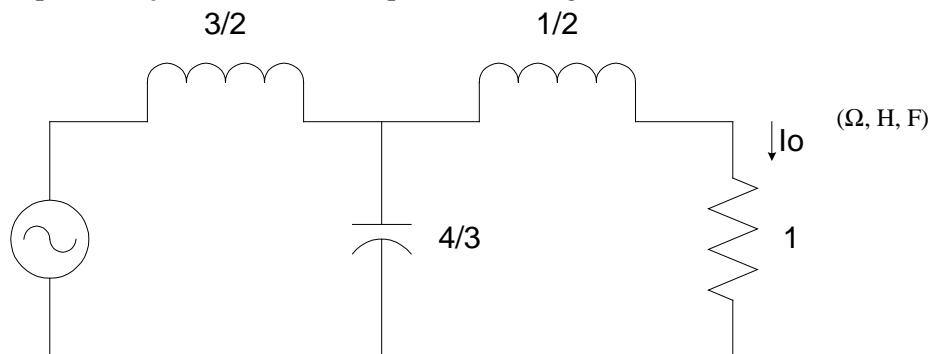
### EXERCÍCIOS

#### FILTROS

- Num determinado sinal oriundo de um transdutor, observou-se a presença de ruído de 100 Hz com a amplitude de 50 mVpp. O sinal de interesse pode apresentar amplitudes até 500 mVpp e situa-se na faixa de frequências 0 – 10 Hz @ -3 dB.
  - Especificar a ordem de um filtro de Butterworth para condicionar o sinal ruidoso de modo a que a relação sinal-ruído não seja inferior a 65 dB.
  - Determinar o valor finalmente obtido para a relação sinal-ruído.
  - Com base num Salem & Key seguido de um RC, projecte um filtro que obedeça aos requisitos atrás enunciados.
- Indique a ordem de um filtro passa-alto com a banda de passagem entre os 10 kHz e  $\infty$  com um *ripple* máximo de 1 dB e uma atenuação na banda de rejeição de 20 dB a todas as frequências inferiores a 6.667 kHz.
  - A característica da amplitude deve ser do tipo Butterworth
  - O mesmo que em a), mas para um passa-banda do tipo Chebyshev.
  - O mesmo que em a), mas para um passa-banda do tipo elíptico.
  - Obtenha a função de transferência para o caso da alínea a).
- Considere o filtro passa-baixo Butterworth de 3ª ordem com a seguinte função de transferência:

$$H(s) = \frac{1}{s^3 + 2s^2 + 2s + 1}$$

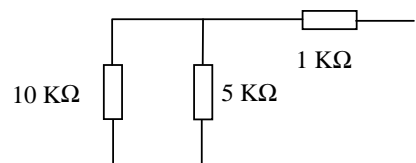
e cuja implementação com elementos passivos é a seguinte:



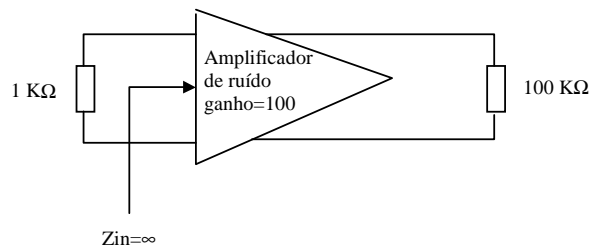
- Aplique a transformação de passa-baixo normalizado para passa-banda para obter a função do filtro passa-banda correspondente.
- Aplique a transformação de passa-baixo normalizado para passa-banda ao circuito passivo.
- Aplique a transformação de passa-baixo normalizado para passa-alto para obter a função do filtro passa-alto correspondente.
- Aplique a transformação de passa-baixo normalizado para passa-alto ao circuito passivo.

### FONTES DE RUÍDO INTRÍNSECO

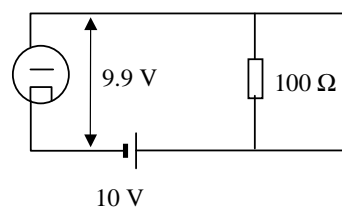
- Calcule a tensão de ruído produzida por uma resistência de  $5000\ \Omega$  num sistema com largura de banda de  $10\ \text{kHz}$  à temperatura de:
  - $27^\circ\ \text{C}$  ( $300^\circ\ \text{K}$ ).
  - $100^\circ\ \text{C}$  ( $373^\circ\ \text{K}$ ).
- Calcule a tensão de ruído térmico por raiz quadrada da largura de banda para o circuito apresentado:



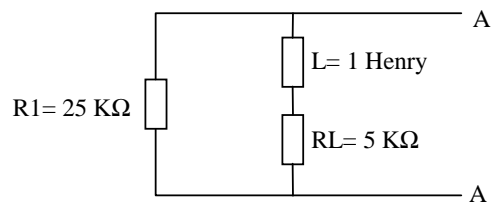
- Calcule a tensão de ruído à saída do amplificador para o circuito ilustrado. Assuma que o amplificador tem uma resposta em frequência equivalente a:
  - um filtro passa baixo ideal com frequência de corte de  $2\ \text{kHz}$ .
  - um filtro passa banda ideal com frequências de corte de  $99$  e  $101\ \text{kHz}$ .



- Qual é a tensão de ruído total através dos terminais de saída do circuito apresentado? Calcule o efeito do ruído shot bem como do ruído térmico para a largura de banda de  $2.5\ \text{kHz}$ . O díodo está a operar nos limites da região de temperatura.



5. Determine a tensão de ruído por raiz quadrada da largura de banda gerado entre os terminais A-A do circuito seguinte, à temperatura ambiente e à frequência de 1590 Hz.



## RUÍDO EM DISPOSITIVOS ACTIVOS

1. Mostre que

$$F = \frac{S_i / N_i}{S_o / N_o}$$

se pode obter de

$$F = \frac{\text{Potência de saída do dispositivo real}}{\text{Potência de saída do dispositivo ideal}}$$

2. Qual dos dispositivos produz o equivalente do dispositivo de entrada com menor ruído?
  - a) Um transistor bipolar com uma figura de ruído de 10 dB medida com  $R_s = 10^4 \Omega$ ?
  - b) Um FET com uma figura de ruído de 6 dB medida com  $R_s = 10^5 \Omega$ ?
3. Um transistor tem uma figura de ruído de 3 dB medida com uma resistência de fonte de 1 M $\Omega$ . Qual é o quociente sinal ruído da potência de saída se este transistor for usado num circuito com um sinal de entrada de 0.1 mV e uma resistência fonte de 1M $\Omega$ ? Assumir que o sistema tem uma largura de banda de ruído equivalente de 10 kHz.
4. O ruído de um FET é especificado do seguinte modo. A tensão equivalente de entrada de ruído é  $0.06 \times 10^{-6} \text{ V}/\sqrt{\text{Hz}}$ , e a corrente equivalente de entrada de ruído é  $0.2 \times 10^{-12} \text{ A}/\sqrt{\text{Hz}}$ .
  - a) se o FET for usado num circuito com uma resistência fonte de 100  $\Omega$  e uma banda de passagem de ruído equivalente de 10 kHz, qual é a figura de ruído?
  - b) Qual o valor de  $R_s$  que irá produzir a figura de ruído mais baixa e qual é a figura de ruído com este  $R_s$ ?
5. Um pré-amplificador de baixo-ruído será guiado de uma fonte de 100  $\Omega$ . Os dados fornecidos pelo fabricante especificam  $V_n$  e  $I_n$  na frequência de operação como:

$$\frac{V_n}{\sqrt{B}} = 10^{-8} \text{ V} / \sqrt{\text{Hz}}$$

$$\frac{I_n}{\sqrt{B}} = 10^{-13} \text{ A} / \sqrt{\text{Hz}}$$

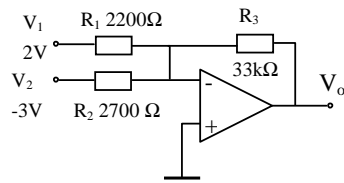
- a) Determinar o quociente de transformação de entrada para fornecer o desempenho em termos de ruído óptimo.
- b) Calcular a figura de ruído para o circuito usando a transformada da alínea a).
- c) Qual seria a figura de ruído com o pré-amplificador acoplado directamente à fonte de 10  $\Omega$ ?
- d) Qual seria o factor de melhoria de sinal para ruído (SNI) para este circuito?

6. Uma antena FM está conectada a um receptor FM através de um cabo coaxial de  $75 \Omega$  adaptado. O quociente sinal-ruído requerido nos terminais de entrada, de modo a obter uma boa qualidade de recepção é 18 dB e a figura de ruído do receptor é 8 dB.
- Se o cabo que está a ligar a antena ao receptor inserir perdas de 6 dB, qual é a tensão do sinal requerida no ponto em que a antena conecta com o cabo, de modo a assegurar uma boa qualidade de recepção? A passagem de banda do ruído do receptor é 50 kHz.
  - Porque é que a tensão é consideravelmente menor que a requerida no caso de um conjunto TV descrito na pág. 230 do livro (figura de ruído do receptor: 14 dB, cabo de  $300 \Omega$  adaptado com 6 dB de perdas, relação sinal-ruído pretendida de 40 dB, largura de banda de 4 MHz)?
7. Achar a figura de ruído de um sistema com uma temperatura de ruído ( $T_e$ ) igual a 290 °K?
8. Um transístor é posto a trabalhar numa frequência  $f \ll f_\alpha$ . Os parâmetros do transístor são  $r'_b = 50 \Omega$  a  $\beta_0 = 100$ . Calcular o factor de ruído mínimo e o valor da resistência de fonte para o qual ele ocorre quando a corrente no colector é:
- 10  $\mu A$
  - 1 mA
- Nota:  $r_c \approx 26/I_c$  (mA)
9. Um FET de junção tem os seguintes parâmetros medidos a 100 MHz:  $g_{fs} = 1500 \times 10^{-6}$  mhos e  $g_{11} = 800 \times 10^{-6}$  mhos. Se o transístor for utilizado num circuito com uma resistência fonte de  $1000 \Omega$ , qual é a figura de ruído?

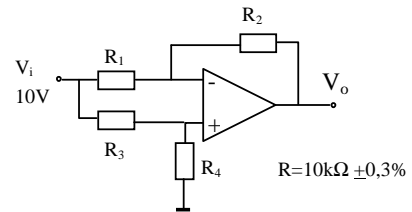
**AMPLIFICADORES OPERACIONAIS**

1. Todos os amplificadores operacionais nas seguintes figuras podem ser considerados ideais. Determine para todos a tensão de saída  $V_o$ .

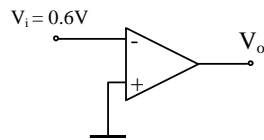
a)



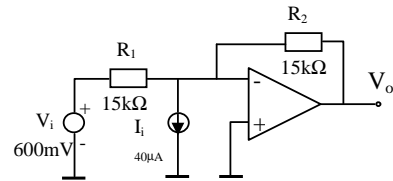
b)



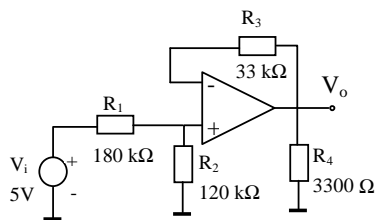
c)



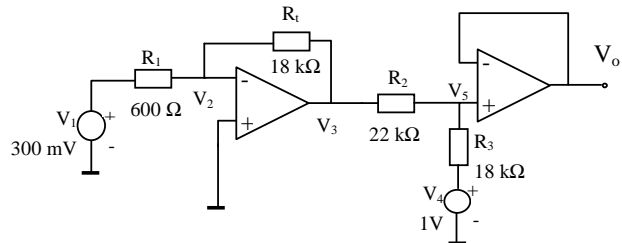
d)



e)

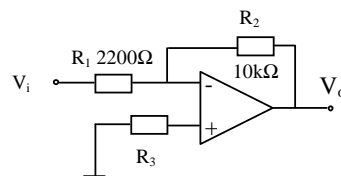


f)



2. Projecte um circuito com apenas um amplificador operacional que seja capaz de somar as três tensões da forma  $V_o = -10V_1 - 5V_2 + 2V_3$ .

3. As especificações do amplificador operacional do circuito abaixo são:  $V_{off} = 0.4$  mV;  $I_{bias} = 10$  nA;  $I_{off} = 1$  nA;  $f_t = 1.5$  MHz.



- a) Calcule  $V_o$  devido a  $V_{off}$  apenas.
- b) Calcule  $V_o$  devido a  $I_{bias}$  apenas. Quanto deve valer  $R_3$  para uma compensação óptima.
- c) Qual a resistência de entrada do circuito? E a resistência de saída?
- d) Qual a largura de banda do circuito?