

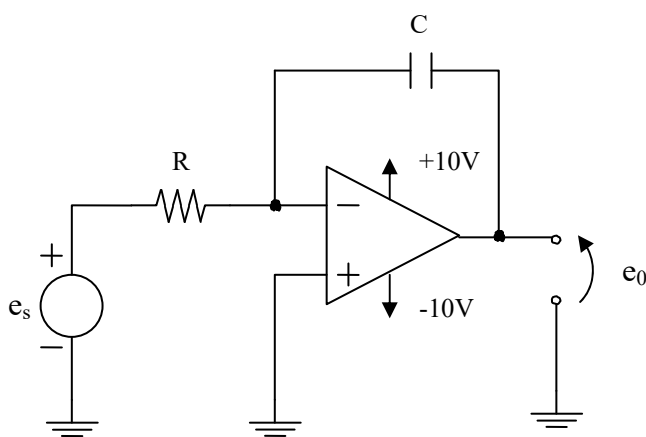
**PSI3211 – CIRCUITOS ELÉTRICOS I**

**Lista 4: Amplificadores Operacionais, Geradores Vinculados e Análise Nodal**

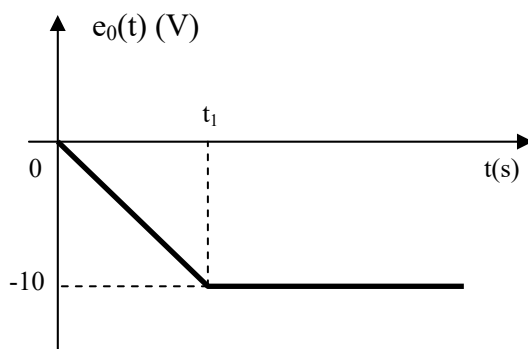
**Amplificadores Operacionais e Geradores Vinculados**

1 – O circuito da Figura 1 é excitado por  $e_s(t) = 2H(t)$ , (V, s). O amp-op do circuito é ideal (ganho infinito  $\mu \rightarrow \infty$ ) e está alimentado com  $-10V$  e  $+10V$ . A Figura 2 mostra a resposta  $e_0(t)$  obtida nesse circuito. Assumindo  $R = 100\Omega$  e  $C = 100\mu F$ , determine o valor de  $t_1$ .

**OBS.:** Quando  $e_0(t)$  atinge as tensões de alimentação ( $+10V$  ou  $-10V$ ) ele satura, ou seja,  $e_0(t)$  fica igual a  $+10V$  ou  $-10V$ .



**Figura 1**



**Figura 2**

- 2 – O circuito da Figura 3 contém um amplificador operacional de ganho infinito, que é excitado pelo sinal de tensão  $v_e(t) = t[H(t) - H(t - t_1)]$ , (V, s), sendo que a tensão da saída parte de  $v_s(0) = 0$ . Determine a expressão da tensão de saída  $v_s(t)$ .

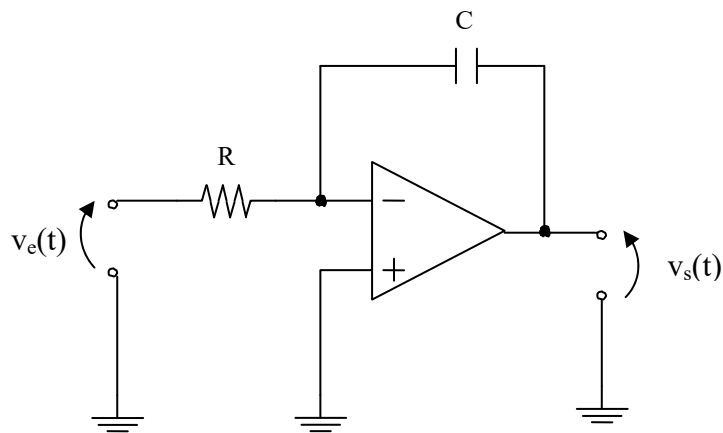


Figura 3

- 3 – Qual é a relação  $e_0/e_i$  no circuito da Figura 4 assumindo amp-op ideal?

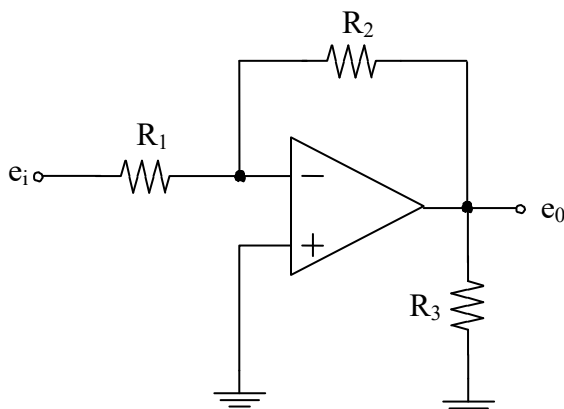


Figura 4

- 4 – Considere que não ocorre saturação do circuito da Figura 5 com o amp-op ideal. Sabendo que  $v(0) = -5V$  e que a chave fecha em  $t = 0$ , qual o valor de  $v_0$  em  $t = 9ms$ ?

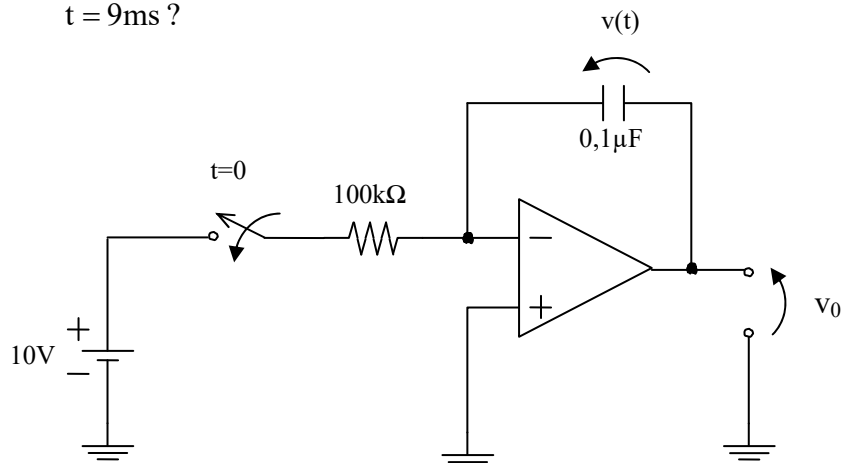


Figura 5

5 – Considere o circuito com amp-op ideal da Figura 6.

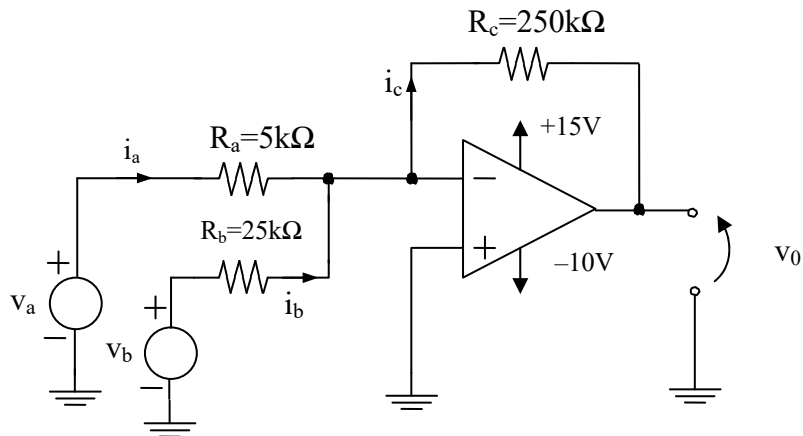


Figura 6

Pede-se:

- Determine o valor de  $v_0$  em função de  $v_a$  e  $v_b$
- Determine os valores de  $v_b$  para os quais o amp-op não satura sabendo que  $v_a = 0,10V$ .

6 – Para o circuito da Figura 7, calcule os valores de  $v_1$  e  $v_2$ , e a potência que cada um dos elementos recebe. Verifique que a soma destas potências é nula.

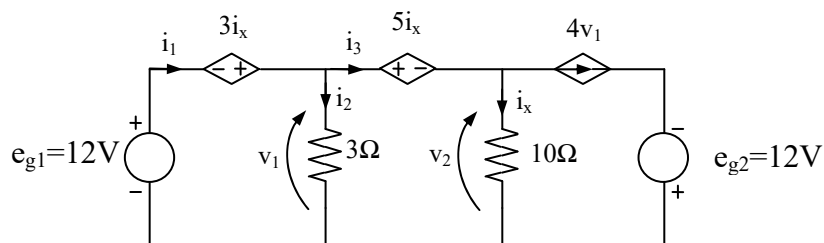


Figura 7

7 – Para o circuito da Figura 8, pede-se:

- Determine  $v_s/v_e$  em função de  $\alpha$ ,  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  e  $R_4$ .
- Supondo  $R_1 = R_2 = R_3 = R_4$ , qual é o valor de  $\alpha$  tal que  $v_s/v_e = 10$ ?

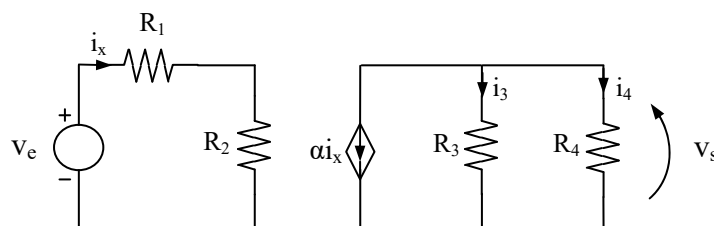
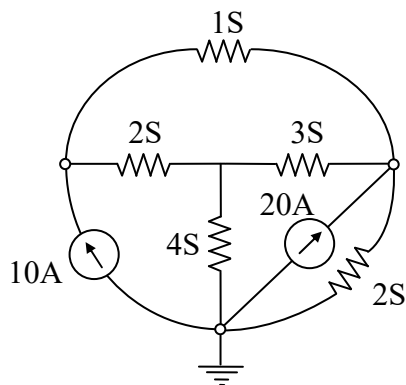


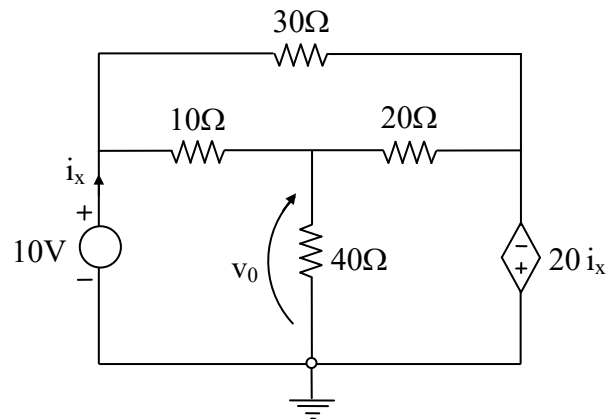
Figura 8

## Análise Nodal

1 – Utilizando análise nodal, obtenha a potência fornecida pela fonte de 10 A, no circuito da Figura 9.



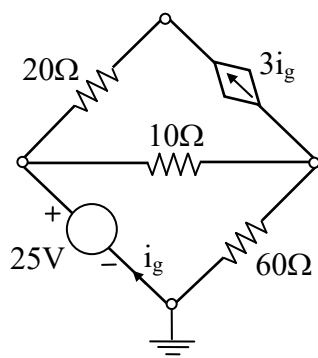
**Figura 9**



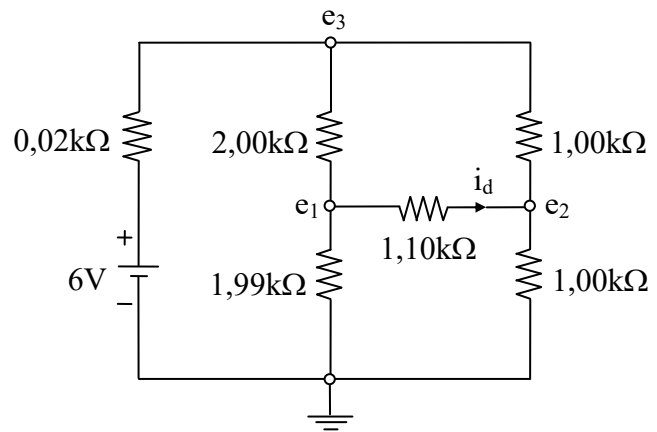
**Figura 10**

2 – Utilizando análise nodal, calcule  $v_0$  no circuito da Figura 10.

3 – Utilizando análise nodal, calcule a potência fornecida pelo gerador independente da Figura 11.



**Figura 11**



**Figura 12**

4 – Dado o circuito ponte da Figura 12:

- Determine suas equações de análise nodal;
- Calcule  $i_d$ , com precisão melhor que 1%.

5 – A equação matricial de análise nodal do circuito da Figura 13 é:

$$\begin{bmatrix} 10,5 & -3 & -5 \\ 17 & 5 & -2 \\ -5 & -2 & 8 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ e_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 6 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Determine:

a) a tensão  $E$  do gerador independente e as condutâncias  $G_1$  e  $G_2$ ;

b) o ganho de corrente  $\beta$ .

c) Mostre que a relação entre  $e_1$  e  $\beta$  é do tipo

$$e_1 = \frac{k_1}{k_2 \beta + k_3}$$

onde  $k_1$ ,  $k_2$  e  $k_3$  são constantes.

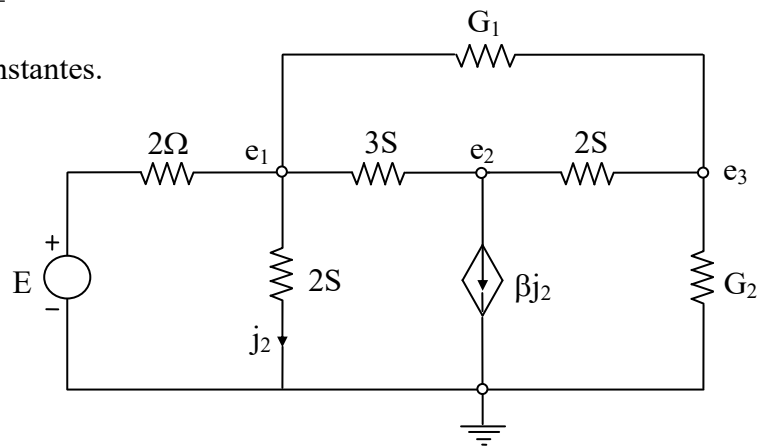


Figura 13

6 – Desenhe circuitos que admitam as seguintes equações de análise nodal:

a)  $e_2 = \beta \frac{R_2}{R_1} e_s$  ;

b)  $\begin{bmatrix} 4/3 & -1 \\ -4 & 3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} i_{s1} \\ 0 \end{bmatrix}$  ;

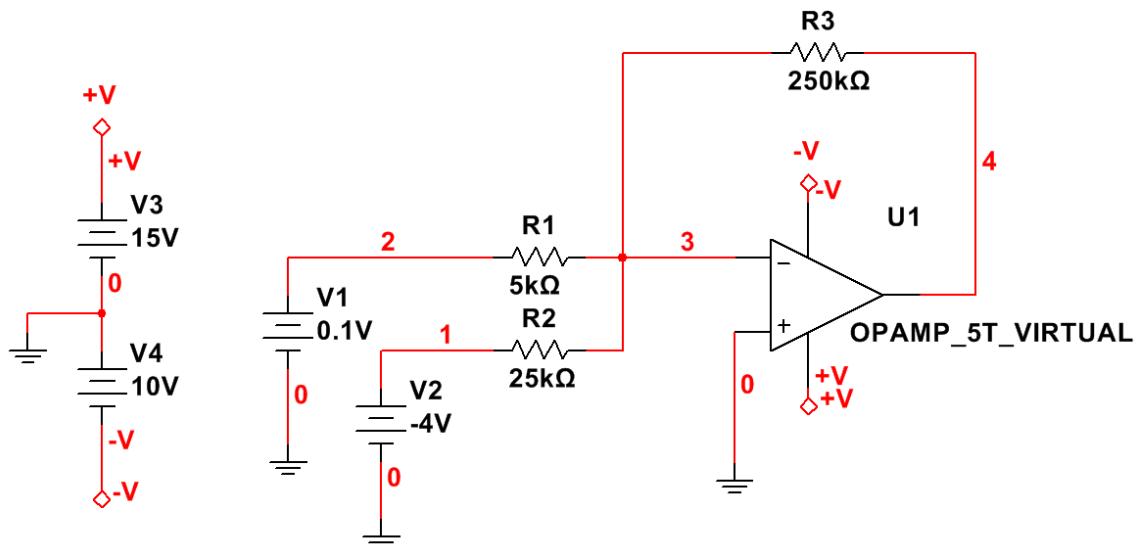
c)  $\begin{bmatrix} 3 & -2 & 0 \\ -2 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ e_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3 \text{ sen } t - 2 \\ 5 \\ -3 \text{ sen } t \end{bmatrix}$

### Exercícios com o Simulador Numérico

1. Considere o Exercício 5 b) da Seção Amplificadores Operacionais e Geradores Vinculados.

#### Instruções (para o Multisim 14.0):

- Para conferir sua resposta, desenhe o seguinte circuito no *schematic* do Multisim 14.0:



**Figura 14: Montagem do circuito elétrico.**

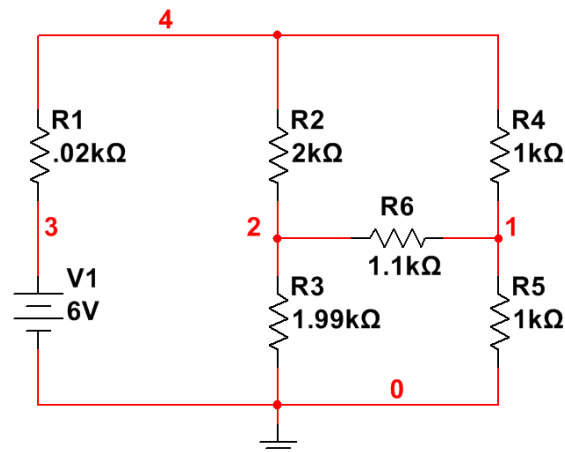
- (a) Os componentes podem ser seleccionados em *Place* → *Component*. Para rodar o componente, digite **CTRL+R**.
- os resistores podem ser encontrados no *Group: Basic, Family: RESISTOR*.
  - a fonte de tensão DC pode ser encontrada no *Group: Sources, Family: POWER\_SOURCES, Component: DC\_POWER*.
  - o amp-op pode ser encontrado no *Group: Analog, Family: ANALOG\_VIRTUAL, Component: OPAMP\_5T\_VIRTUAL*. Não altere suas configurações padrão. Para refletir o componente em relação à horizontal, digite **ALT+X**.
- (b) Para adicionar os conectores *on-page* responsáveis por ligar o circuito de alimentação (à esquerda na Figura 14) ao circuito do amp-op (à direita), digite **CTRL+ALT+O**. Para que a conexão seja válida, ambos os conectores devem ter mesmo nome (no caso da Figura 14, +V e -V respectivamente). **Atenção:** como o amp-op foi refletido em relação à horizontal, a tensão +15 V deverá ir embaixo, e a tensão -10 V, em cima.
- (c) Para verificar a resposta do exercício, faça uma varredura DC, que calcula o comportamento de um circuito sob a atuação de diversas tensões em um dado intervalo. Configure a simulação em *Simulate* → *Analyses and simulation*. Em *Active Analysis*, selecione *DC Sweep*.
- Na aba *Analysis parameters*, selecione em *Source:* a fonte **V2**. Configure a varredura para iniciar em -4 V e terminar em +2 V. Escolha um incremento de, por exemplo, **0.01 V**.
  - Na aba *Output*, adicione como variável **V(4)**, que corresponde à tensão na conexão 4 da Figura 14, à saída do amp-op. Prossiga clicando em ► **Run**.

(d) A janela do *Grapher View* deverá mostrar os valores calculados de  $V(4)$  em função da tensão DC no gerador V2, de  $-4\text{ V}$  a  $+2\text{ V}$ . Identifique as regiões lineares e de saturação dessa curva característica.

2. Considere o Exercício 4 b) da Seção **Análise Nodal**.

**Instruções (para o Multisim 14.0):**

- Para conferir sua resposta, desenhe o seguinte circuito no *schematic* do Multisim 14.0:



**Figura 15: Montagem do circuito elétrico.**

(a) Os componentes podem ser seleccionados em *Place* → *Component*. Para rodar o componente, digite **CTRL+R**.

- os resistores podem ser encontrados no *Group: Basic, Family: RESISTOR*.
- a fonte de tensão DC pode ser encontrada no *Group: Sources, Family: POWER\_SOURCES, Component: DC\_POWER*.

(b) A simulação deve ser uma análise de ponto de operação DC, que calcula o comportamento de um circuito sob a atuação de tensões ou correntes contínuas. Configure a simulação em *Simulate* → *Analyses and simulation*. Em *Active Analysis*, selecione *DC Operating Point*.

- Na aba *Output*, adicione como variável **I(R6)**, que corresponde à corrente no resistor R6 da Figura 15. Prossiga clicando em ► **Run**.

(c) A janela do *Grapher View* deverá mostrar o valor calculado de **I(R6)**. Rode novamente a simulação, mudando o valor de R3 na Figura 15 para **2 kΩ**. O que acontece? Pesquise sobre *Pontes de Wheatstone* para responder.