

## **Exercícios Recomendados – Parte 2 (Módulo 2)**

### **Circuitos de Segunda Ordem (RLC Paralelo e RLC Série)**

Semestre: 2022/1

Data: 23/08/2022

Além dos exercícios recomendados ao longo das aulas, esta lista de exercícios inclui atividades das seguintes referências utilizadas nesta disciplina:

- Livro 1: Nilsson e Riedel (2015) – lista disponibilizada com as respostas neste documento
- Livro 2: Alexander e Sadiku (2013) – disponível na SABI+: <https://sabi.ufrgs.br/>
- ENADE: Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes
- Concursos: questões de concursos públicos diversos, referenciados no enunciado da questão.

## Exercícios Recomendados - RLC Paralelo

Livro 1: NILSSON, J. W.; RIEDEL, S.A.. **Circuitos Elétricos**. 10. ed. Pearson Prentice Hall, 2015.

**8.1** Os elementos de circuito no circuito da Figura

Pspice  
Multisim

8.1 são  $R = 125 \Omega$ ,  $L = 200 \text{ mH}$  e  $C = 5 \mu\text{F}$ . A corrente inicial no indutor é  $-0,3 \text{ A}$  e a tensão inicial no capacitor é  $25 \text{ V}$ .

a) Calcule a corrente inicial em cada ramo do circuito.

b) Determine  $v(t)$  para  $t \geq 0$ .

c) Determine  $i_L(t)$  para  $t \geq 0$ .

**8.2** A resistência no Problema 8.1 é reduzida para

Pspice  
Multisim

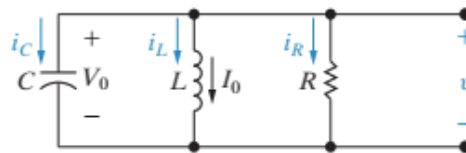
$100 \Omega$ . Determine a expressão para  $v(t)$  quando  $t \geq 0$ .

**8.3** A resistência no Problema 8.1 é reduzida para

Pspice  
Multisim

$80 \Omega$ . Determine a expressão para  $v(t)$  quando  $t \geq 0$ .

**Figura 8.1** Circuito usado para ilustrar a resposta natural de um circuito RLC em paralelo.



**8.1 a)**  $i_R(0)=200 \text{ mA}$ ,  $i_L(0)=-300 \text{ mA}$ ;  $i_C(0)=100 \text{ mA}$

**b)**  $v(t)=25 e^{-800t} \cos(600t) + 66,67 e^{-800t} \sin(600t) \text{ V}, t \geq 0$

**c)**  $i_L(t)=-300 e^{-800t} \cos(600t) - 191,7 e^{-800t} \sin(600t) \text{ mA}, t \geq 0$

**8.2**  $v(t)=35000 e^{-1000t} + 25 e^{-1000t}$

**8.3**  $v(t)=31,67 e^{-500t} - 6,67 e^{-2000t} \text{ V}, t \geq 0$

**8.8**

Pspice  
Multisim

No circuito mostrado na Figura 8.1, um indutor de 20 mH está em paralelo com um capacitor de 500 nF, o resistor  $R$  está ajustado para amortecimento crítico e  $I_0 = 120$  mA.

- Calcule o valor numérico de  $R$ .
- Calcule  $v(t)$  para  $t \geq 0$ .
- Determine  $v(t)$  quando  $i_C(t) = 0$ .
- Qual é a porcentagem da energia inicialmente armazenada que permanece armazenada no circuito no instante em que  $i_C(t)$  é igual a zero?

**a) 100 ohms**

**b)  $v(t) = (40 - 640000t)e^{-10000t}$  V,  $t \geq 0$**

**c) -12,6V ( $t = 162,5 \mu s$ )**

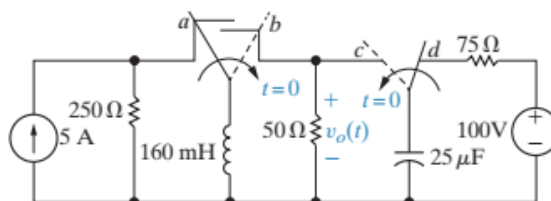
**d) 36,5%**

**8.11**

Pspice  
Multisim

As duas chaves no circuito visto na Figura P8.11 funcionam de modo sincronizado. Quando a chave 1 está na posição  $a$ , a chave 2 está na posição  $d$ . Quando a chave 1 passa para a posição  $b$ , a chave 2 passa para a posição  $c$ . A chave 1 esteve na posição  $a$  por um longo tempo. Em  $t = 0$ , as chaves passam para suas posições alternadas. Determine  $v_o(t)$  para  $t \geq 0$ .

**Figura P8.11**



$$v_o(t) = 100e^{-400t} \cos(300t) - 800e^{-400t} \sin(300t) \text{ V}, t \geq 0$$

**8.12**

Pspice  
Multisim

O resistor no circuito da Figura P8.11 é reduzido de 50 para 40  $\Omega$ . Determine  $v_o(t)$  para  $t \geq 0$ .

**8.13**

Pspice  
Multisim

O resistor no circuito da Figura P8.11 é reduzido de 50 para 32  $\Omega$ . Determine  $v_o(t)$  para  $t \geq 0$ .

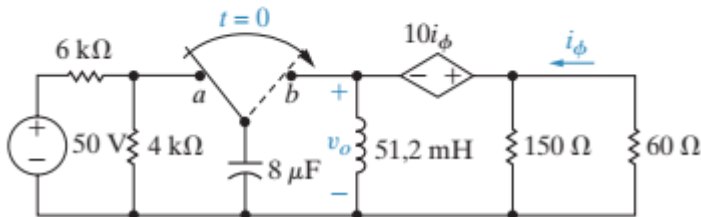
**8.12)  $v_o(t) = -250000te^{-500t} + 100e^{-500t}$  V,  $t \geq 0$**

**8.13)  $v_o(t) = -300e^{-250t} + 400e^{-1000t}$  V,  $t \geq 0$**

**8.14** A chave no circuito da Figura P8.14 esteve na posição *a* por um longo tempo. Em  $t = 0$ , ela passa instantaneamente para a posição *b*. Determine  $v_o(t)$  para  $t \geq 0$ .

Pspice  
Multisim

**Figura P8.14**

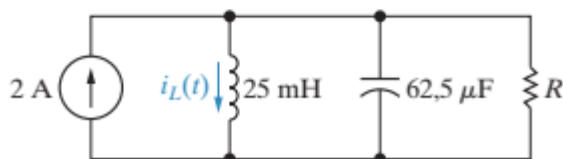


$$v_o(t) = 20e^{-1250t} \cos(937,5t) - 26,67e^{-1250t} \sin(937,5t) \text{ V}, t \geq 0$$

**8.27** Admita que, no instante em que a fonte de corrente cc de 2 A é aplicada ao circuito da Figura P8.27, a corrente inicial no indutor de 25 mH seja 1 A e a tensão inicial no capacitor seja 50 V (positiva no terminal superior). Determine a expressão para  $i_L(t)$  para  $t \geq 0$ , se  $R$  for igual a 12,5 Ω.

Pspice  
Multisim

**Figura P8.27**

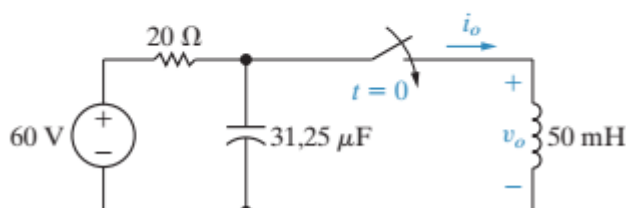


$$i_L(t) = 2 - e^{-640t} \cos(480t) + 2,83e^{-640t} \sin(480t) \text{ A}, t \geq 0$$

**8.31** A chave no circuito da Figura P8.31 esteve aberta por um longo tempo antes de fechar em  $t = 0$ . Determine  $i_o(t)$  para  $t \geq 0$ .

Pspice  
Multisim

**Figura P8.31**

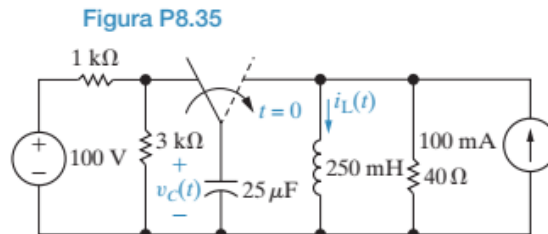


$$i_o(t) = 3 - 1200t e^{-800t} - 3e^{-800t} \text{ A}, t \geq 0$$

**8.35** A chave no circuito da Figura P8.35 esteve na posição esquerda por um longo tempo antes de passar para a posição direita em  $t = 0$ . Determine

Pspice  
Multisim

- $i_L(t)$  para  $t \geq 0$ ,
- $v_C(t)$  para  $t \geq 0$ .



**a)**  $i_L(t) = 0,1 + 0,5e^{-200t} - 0,5e^{-800t} \text{ A}$

**b)**  $v_C(t) = -25e^{-200t} + 100e^{-800t} \text{ V}, t \geq 0$

**8.36** Considere o circuito da Figura P8.35 e

Pspice  
Multisim

- Determine a energia total fornecida ao indutor.
- Determine a energia total fornecida ao resistor de  $40 \Omega$ .
- Determine a energia total fornecida ao capacitor.
- Determine a energia total fornecida pela fonte de corrente.
- Verifique os resultados das partes (a) a (d) em relação ao princípio da conservação de energia.

**a)** 0 J

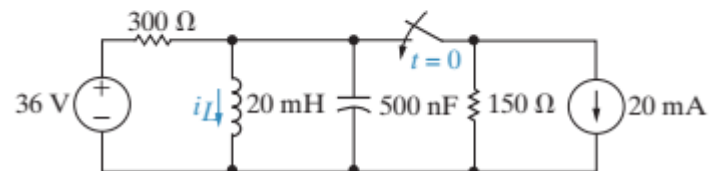
**b)** 70,3125 mJ

**c)** -70,3125 mJ

**8.37** A chave no circuito da Figura P8.37 esteve aberta por um longo tempo antes de fechar em  $t = 0$ . Determine  $i_L(t)$  para  $t \geq 0$ .

Pspice  
Multisim

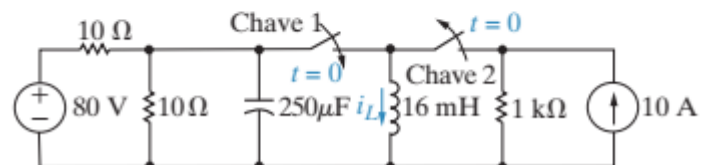
**Figura P8.37**



**8.38** As chaves 1 e 2 no circuito da Figura P8.38 são sincronizadas. Quando a chave 1 abre, a chave 2 fecha e vice-versa. A chave 1 esteve aberta por um longo tempo antes de fechar em  $t = 0$ . Determine  $i_L(t)$  para  $t \geq 0$ .

Pspice  
Multisim

**Figura P8.38**



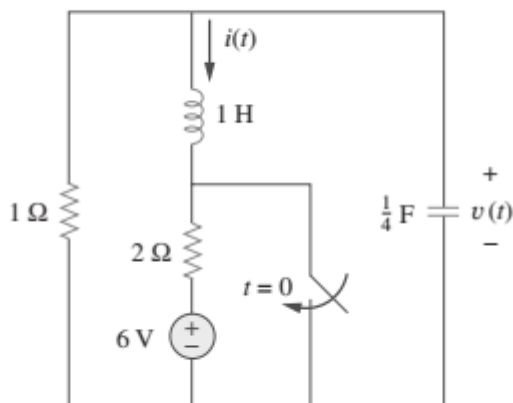
$$i_L(t) = 8 + 2e^{-400t} \cos(300t) + 11e^{-400t} \sin(300t) \text{ A}, t \geq 0$$

$$i_L(t) = 0,1 + 200t e^{-10000t} + 0,02 e^{-10000t} \text{ A}, t \geq 0$$

### Exercícios Recomendados - RLC Paralelo

Livro 2: ALEXANDER, Charles K.; SADIKU, Matthew N. O. **Fundamentos de Circuitos Elétricos**. 5. ed. McGraw-Hill, 2013.

**8.48** Dado o circuito da Figura 8.95, determine  $i(t)$  e  $v(t)$  para  $t > 0$ .

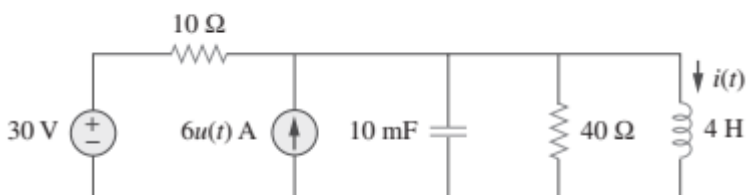


**Figura 8.95** Esquema para o Problema 8.48.

$$i(t) = [(-2 - 2t)e^{-2t}] \text{ A}$$

$$v(t) = [(2 + 4t)e^{-2t}] \text{ V}$$

**8.50** Para o circuito da Figura 8.97, determine  $i(t)$  para  $t > 0$ .



**Figura 8.97** Esquema para o Problema 8.50.

$$i(t) = [9 + 2e^{-10t}] + [-8e^{-2,5t}] \text{ A}$$

**Exercícios Recomendados - RLC SÉRIE**

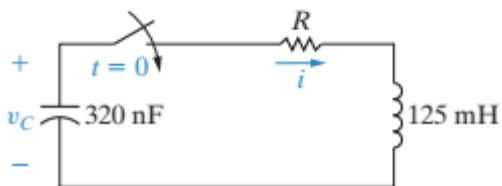
Livro 1: NILSSON, J. W.; RIEDEL, S.A.. **Circuitos Elétricos**. 10. ed. Pearson Prentice Hall, 2013.

**8.42** No circuito da Figura P8.42, o resistor é ajustado para amortecimento crítico. A tensão inicial no capacitor é 15 V e a corrente inicial no indutor é 6 mA.

Pspice  
Multisim

- Determine o valor de  $R$ .
- Determine os valores de  $i$  e de  $di/dt$  imediatamente após o fechamento da chave.
- Determine  $v_C(t)$  para  $t \geq 0$ .

**Figura P8.42**



**a) 1250 ohms**

**b)  $i(0) = 6 \text{ mA}$  ;  $di(0+)/dt = 60 \text{ A/s}$**

**c)  $v_C(t) = 56250 t e^{-5000t} + 15 e^{-5000t} \text{ V}, t \geq 0$**

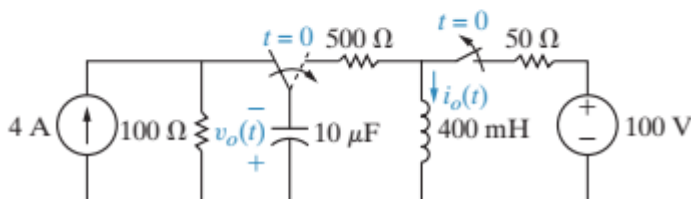
Pspice  
Multisim

**8.45** O circuito mostrado na Figura P8.45 esteve em funcionamento por um longo tempo. Em  $t = 0$ , as duas chaves passam para as novas posições mostradas na figura. Determine

a)  $i_o(t)$  para  $t \geq 0$ .

b)  $v_o(t)$  para  $t \geq 0$ .

**Figura P8.45**

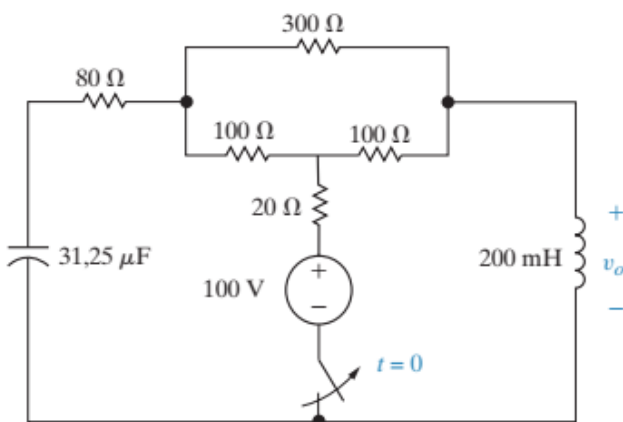


**a)**  $i_o(t) = \frac{2}{3} e^{-250t} + \frac{4}{3} e^{-1000t} \text{ A}, t \geq 0$

**b)**  $v_o(t) = -266,67 e^{-250t} - 133,33 e^{-1000t} \text{ V}, t \geq 0$

**8.47** A chave do circuito mostrado na Figura P8.47 esteve fechada por um longo tempo. Ela se abre em  $t = 0$ . Determine  $v_o(t)$  para  $t \geq 0^+$ .

**Figura P8.47**



$v_o(t) = -6,67 e^{-200t} - 133,33 e^{-800t} \text{ V}, t \geq 0^+$

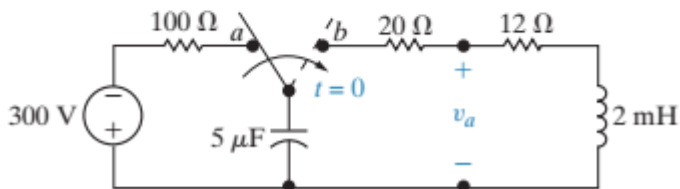


**8.48** A chave no circuito da Figura P8.48 esteve na posição *a* por um longo tempo. Em  $t = 0$ , ela passa instantaneamente para a posição *b*.

Pspice  
Multisim

- Qual é o valor inicial de  $v_a$ ?
- Qual é o valor inicial de  $dv_a/dt$ ?
- Qual é a expressão de  $v_a(t)$  para  $t \geq 0$ ?

**Figura P8.48**



**a) -300 V**

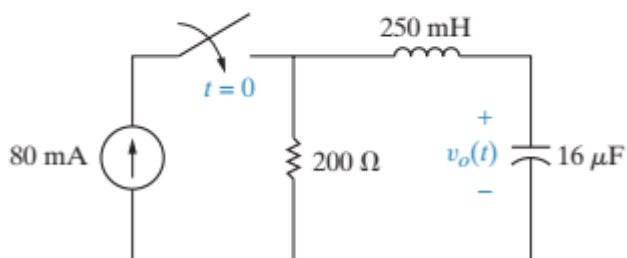
**b)  $3 \cdot 10^6$  V/s**

**c)  $v_a(t) = -300 e^{-8000t} \cos(6000t) + 100 e^{-8000t} \sin(6000t) \text{ V}, t \geq 0$**

**8.49** A energia inicial armazenada no circuito da Figura P8.49 é igual a zero. Determine  $v_o(t)$  para  $t \geq 0$ .

Pspice  
Multisim

**Figura P8.49**

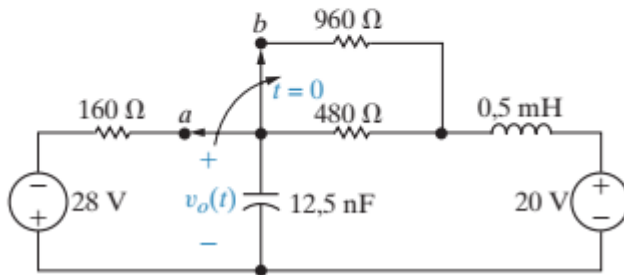


**$v_o(t) = 16 - 16 e^{-400t} \cos(300t) - 21,33 e^{-400t} \sin(300t) \text{ V}, t \geq 0$**

**8.52** A chave no circuito da Figura P8.52 esteve na posição *a* por um longo tempo. Em  $t = 0$ , ela passa instantaneamente para a posição *b*. Determine  $v_o(t)$  para  $t \geq 0$ .

Pspice  
Multisim

Figura P8.52

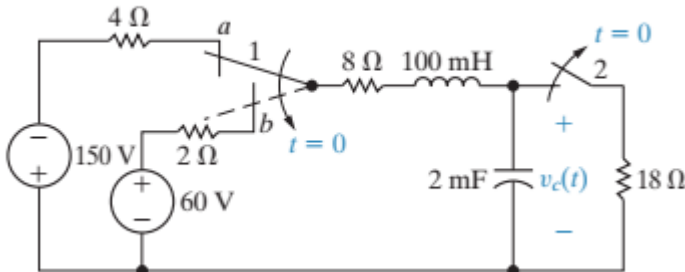


$$v_o(t) = 20 - 36e^{-320000t} \cos(240000t) - 23e^{-320000t} \sin(240000t) \text{ V}, t \geq 0$$

**8.54** As duas chaves no circuito visto na Figura P8.54 funcionam de modo sincronizado. Quando a chave 1 está na posição *a*, a chave 2 está fechada. Quando a chave 1 está na posição *b*, a chave 2 está aberta. A chave 1 esteve na posição *a* por um longo tempo. Em  $t = 0$ , ela passa instantaneamente para a posição *b*. Determine  $v_c(t)$  para  $t \geq 0$ .

Pspice  
Multisim

Figura P8.54



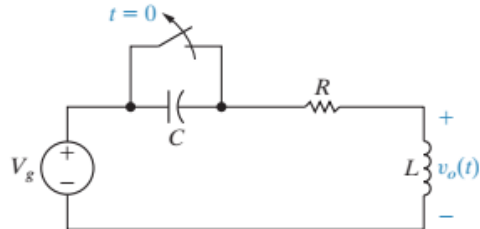
$$v_c(t) = 60 - 150e^{-50t} \cos(50t) - 200e^{-50t} \sin(50t) \text{ V}, t \geq 0$$

**8.56** Os parâmetros de circuito no circuito da Figura P8.55 são  $R = 480 \, \Omega$ ,  $L = 8 \, \text{mH}$ ,  $C = 50 \, \text{nF}$  e  $v_g = -24 \, \text{V}$ .

Pspice  
Multisim

- Expresse  $v_o(t)$  numericamente para  $t \geq 0$ .
- Quantos microssegundos depois da abertura da chave a tensão no indutor é máxima?
- Qual é o valor máximo da tensão no indutor?

Figura P8.55



**a)**  $v_o(t) = 25e^{-30000t} \sin(40000t) \, \text{V}$

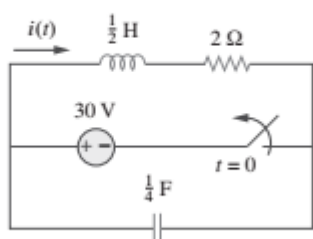
**b)**  $23,18 \, \mu\text{s}$

**c)**  $9,98 \, \text{V}$

**Exercícios Recomendados - RLC SÉRIE**

Livro 2: ALEXANDER, Charles K.; SADIKU, Matthew N. O. **Fundamentos de Circuitos Elétricos**. 5. ed. McGraw-Hill, 2013.

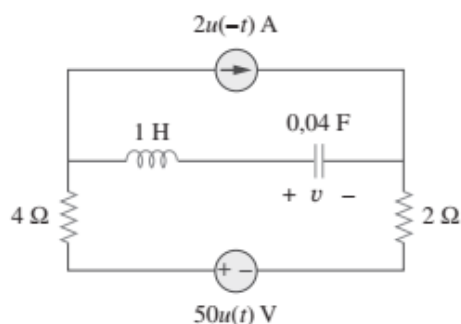
**8.20** A chave do circuito da Figura 8.74 já se encontra fechada há um longo tempo, porém é aberta em  $t = 0$ . Determine  $i(t)$  para  $t > 0$ .



**Figura 8.74** Esquema para o Problema 8.20.

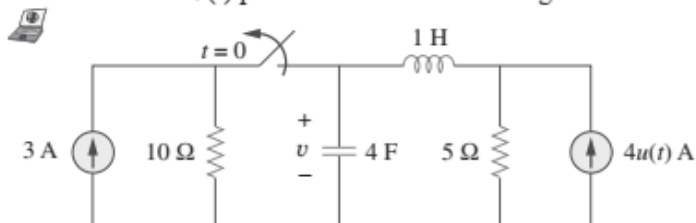
$$i(t) = [15 \cos(2t) + 15 \sin(2t)] e^{-2t} \text{ A}$$

**8.32** Para o circuito da Figura 8.80, determine  $v(t)$  para  $t > 0$ .



$$v(t) = \left[ 50 + \left[ -62 \cos(4t) - 46,5 \sin(4t) e^{-3t} \right] \right] \text{ V}$$

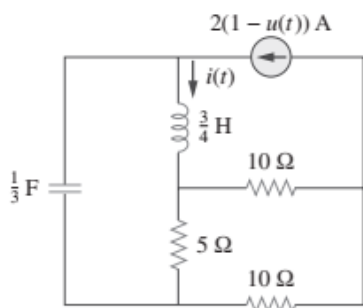
**8.33** Determine  $v(t)$  para  $t > 0$  no circuito da Figura 8.81.



**Figura 8.81** Esquema para o Problema 8.33.

$$v(t) = [20 + 0,2052 e^{-4,949t} - 10,205 e^{-0,05t}] V$$

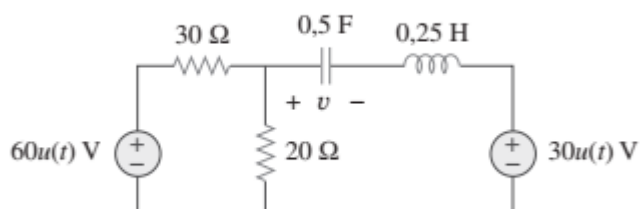
**8.38** Consulte o circuito da Figura 8.86. Calcule  $i(t)$  para  $t > 0$ .



**Figura 8.86** Esquema para o Problema 8.38.


$$i(t) = [e^{-4,431t} + e^{-0,903t}] A$$

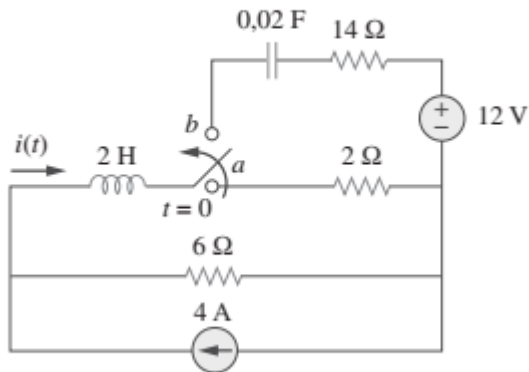
**8.39** Determine  $v(t)$  para  $t > 0$  no circuito da Figura 8.87.



**Figura 8.87** Esquema para o Problema 8.39.

$$v(t) = [-6 + (-0,021 e^{-47,83t} + 6,02 e^{-0,167t})] V$$

**8.40** A chave no circuito da Figura 8.88 é deslocada da posição   $a$  para a posição  $b$  em  $t = 0$ . Determine  $i(t)$  para  $t > 0$ .



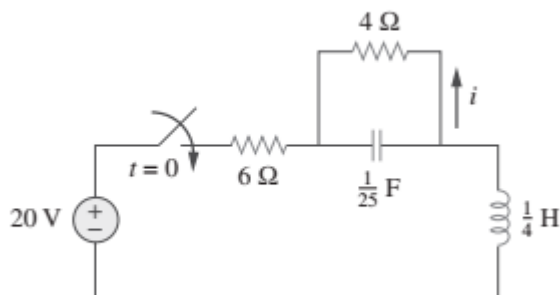
**Figura 8.88** Esquema para o Problema 8.40.

$$i(t) = (3 - 9t)e^{-5t} \text{ A}$$

**Exercícios Recomendados - Segunda ordem gerais**

Livro 2: ALEXANDER, Charles K.; SADIKU, Matthew N. O. **Fundamentos de Circuitos Elétricos**. 5. ed. McGraw-Hill, 2013.

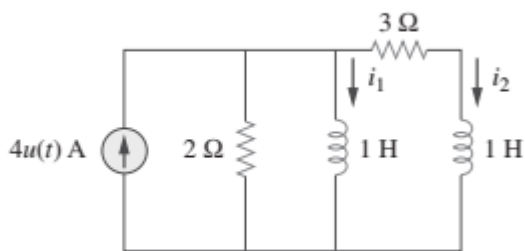
**8.56** No circuito da Figura 8.102, determine  $i(t)$  para  $t > 0$ .



**Figura 8.102** Esquema para o Problema 8.56.

$$i(t) = e^{-15,125t} [-2 \cos(4,61t) + 23,91 \sin(4,61t)] + 2 \text{ A}, t > 0$$

**8.60** Obtenha  $i_1$  e  $i_2$  para  $t > 0$  no circuito da Figura 8.106.



**Figura 8.106** Esquema para o Problema 8.60.

$$i_1(t) = [4 + [-3,2e^{-t} - 0,8e^{-6t}]] \text{ A}$$

$$i_2(t) = [1,6e^{-t} - 1,6e^{-6t}] \text{ A}$$

**Exercícios Recomendados - Segunda ordem gerais**

ENADE: Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes

1. (ENADE) A Figura 1 apresenta um circuito contendo algumas simetrias, alimentado por duas fontes de tensão contínua. Os valores das resistências estão em ohms. Considere que o circuito esteja funcionando em regime permanente, com a chave “S” fechada.

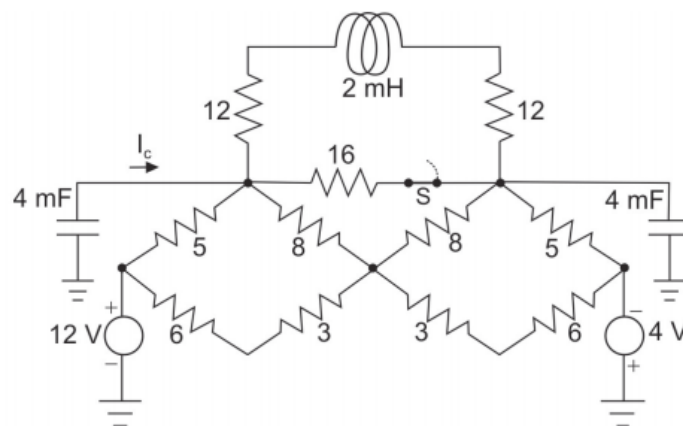


Figura 1. Circuito para solução do exercício 5.

Em determinado instante, a chave “S” é aberta. O **módulo da corrente**  $I_C$  ( $0^+$ ), indicada na figura, em ampères, imediatamente após a abertura da chave “S”, é:

- a. 0,125 A
- b. 0,250 A
- c. 0,375 A**
- d. 0,500 A
- e. 0,625 A



2. (ENADE) Na Figura 2, a chave “S” foi mantida aberta por um tempo suficiente para o circuito alcançar o regime permanente.

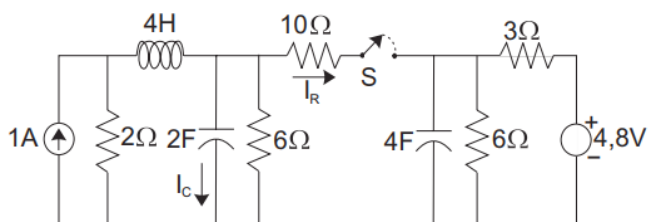


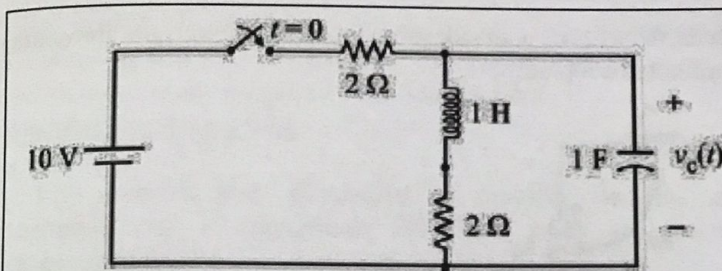
Figura 2. Circuito para solução do exercício 8.

Imediatamente após fechar a chave “S”, os valores em ampères das correntes  $I_c(0^+)$  e  $I_R(0^+)$ , respectivamente, serão:

- a) 0,75 A e 0,80 A
- b) 0,25 A e - 0,10 A
- c) 0,17 A e - 0,17 A**
- d) 0,17 A e 1,00 A
- e) - 0,75 A e - 0,10 A

## Concursos

Questões de concursos públicos diversos, referenciados no enunciado da questão

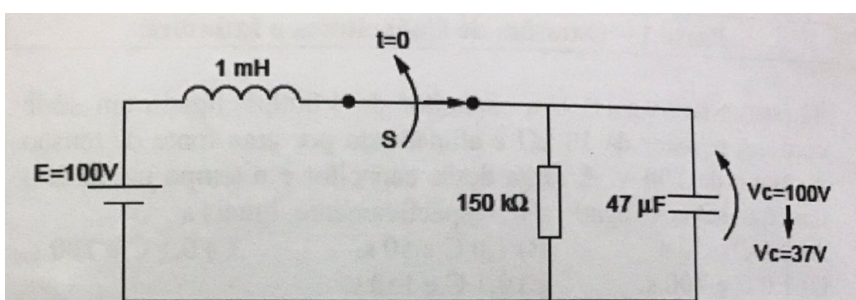


No circuito elétrico ideal acima ilustrado, a chave é fechada no instante  $t = 0$ , proporcionando o funcionamento do circuito para tempos posteriores. Antes de ligar a chave, não havia energia armazenada no indutor e no capacitor. A partir dessas informações, julgue o item seguinte.

57.(TRE-RJ/CESPE/2012) Em regime permanente - longo tempo após a chave ter sido ligada -, a tensão nos terminais do capacitor é igual a 5 V.

Resposta: verdadeiro

44.(DPE-SP/FCC/2013) Considere o circuito abaixo, onde o capacitor encontra-se completamente carregado.



Depois de aberta a chave S no instante  $t = 0$ , a tensão no capacitor cai para 37 V no tempo, aproximado, de

- A) 1 min. e 20 s.    B) 15 s.    C) 10 s.    D) 30 s    E) 7 s.

Resposta: alternativa E