

João Miguel Clemente de Sena Esteves

# *Análise de Circuitos*

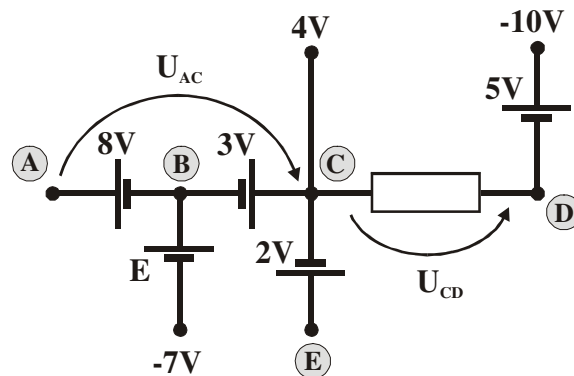
= Licenciatura em Engenharia Física =

## Exercícios

Março de 2022



1. Preencha os quadros anexos às figuras.



$$U_A =$$

$$U_B =$$

$$U_C =$$

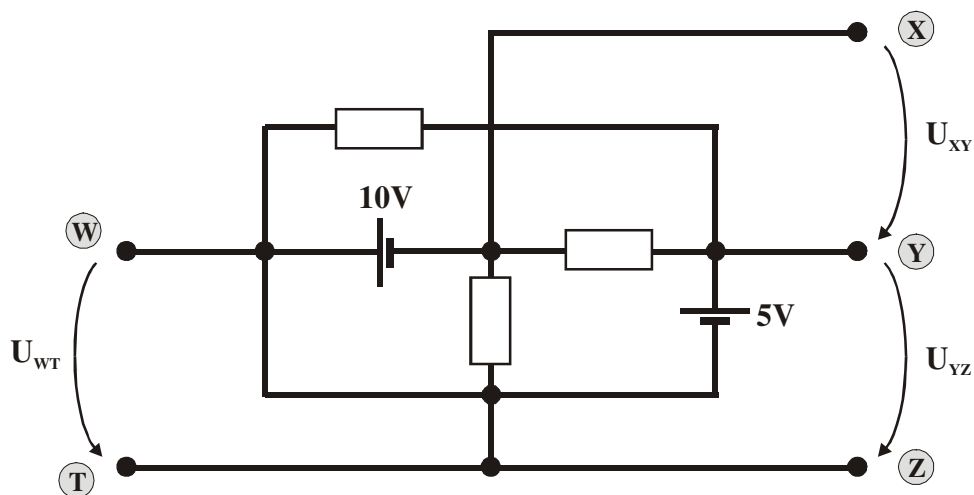
$$U_D =$$

$$U_E =$$

$$E =$$

$$U_{AC} =$$

$$U_{CD} =$$

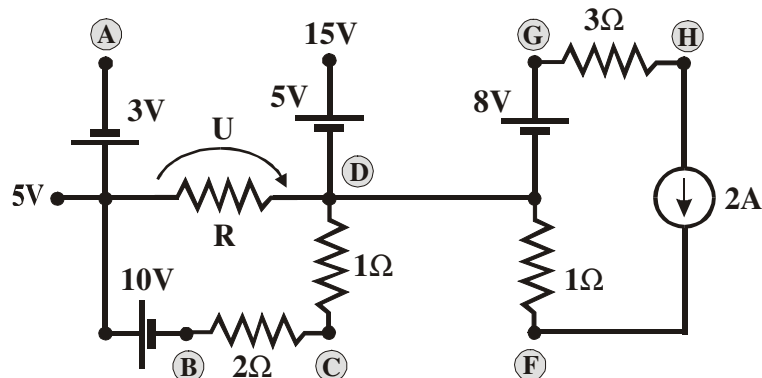


$$U_{WT} =$$

$$U_{XY} =$$

$$U_{YZ} =$$

$$U_Y =$$



$$U_A =$$

$$U_B =$$

$$U_C =$$

$$U_D =$$

$$U_F =$$

$$U_G =$$

$$U_H =$$

$$U =$$

As ligações deste circuito ao exterior são apenas o terminal A e os terminais onde existem 5V e 15V.

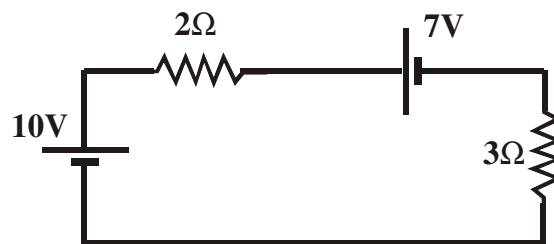
2. Relativamente ao circuito da figura:

2.1 *Determine o número de correntes que existem neste circuito.*

2.2 *Determine o número de tensões que existem neste circuito.*

2.3 *Determine a tensão, a corrente e a potência em jogo em cada componente do circuito.*

2.4 *Verifique quais são os componentes que absorvem energia ao circuito e quais são os componentes que lhe fornecem energia.*



3. Determine o valor da potência em jogo numa resistência de  $47\text{k}\Omega$  percorrida por uma corrente constante de 5A.
4. Determine o valor da potência em jogo numa fonte ideal de tensão de 120V que alimenta uma resistência de  $100\Omega$ .
5. Determine o valor da energia absorvida durante duas horas por uma resistência de  $22\text{k}\Omega$  sujeita a uma tensão constante de 54V.
6. Admitindo que o preço da energia eléctrica é de 0,15€/kWh, determine o custo mensal devido ao funcionamento de uma lâmpada de 60W que está ligada 8 horas por dia, 5 dias por semana.
7. Determine o valor da energia fornecida a um circuito, durante cinco horas, por uma fonte ideal de corrente de 30A que se encontra curto-circuitada com um condutor ideal.
8. Determine o valor da energia absorvida durante 90s por um condutor ideal percorrido por uma corrente constante de 200A.

9. Relativamente ao circuito da figura:

9.1 Com o interruptor **K aberto**, determine:

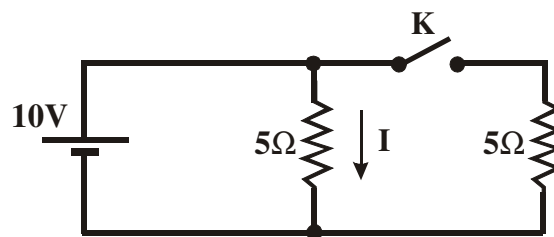
9.1.1 o sentido e o valor da corrente **I**;

9.1.2 a tensão e a potência em jogo em cada componente do circuito.

9.2 Com o interruptor **K fechado**, determine:

9.2.1 o sentido e o valor da corrente **I**;

9.2.2 a tensão e a potência em jogo em cada componente do circuito.



10. Relativamente ao circuito da figura:

10.1 Com o interruptor **K aberto**, determine:

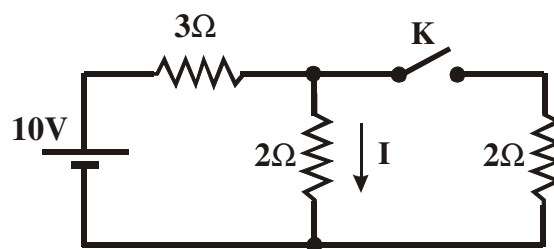
10.1.1 o sentido e o valor da corrente **I**;

10.1.2 a tensão e a potência em jogo em cada componente do circuito.

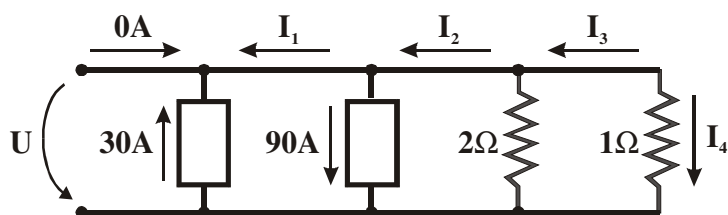
10.2 Com o interruptor **K fechado**, determine:

10.2.1 o sentido e o valor da corrente **I**;

10.2.2 a tensão e a potência em jogo em cada componente do circuito.



11. Preencha os quadros anexos às figuras.



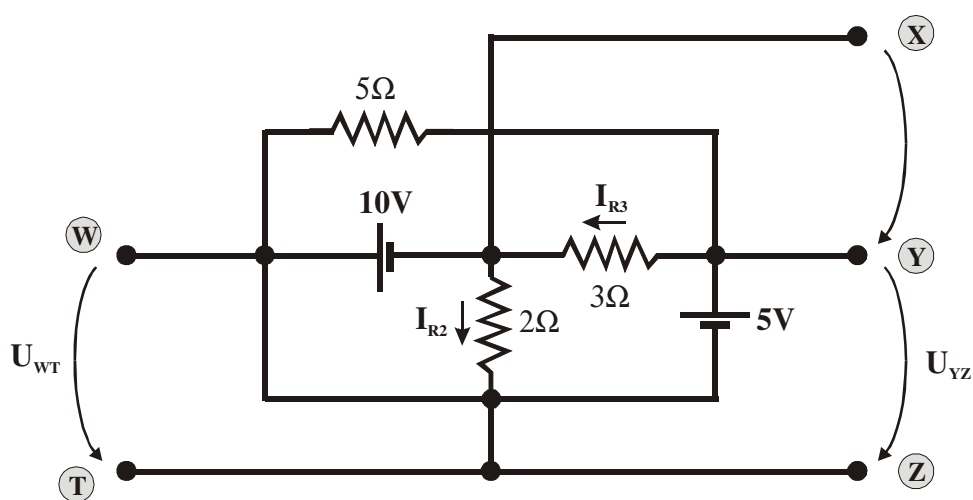
$$I_1 =$$

$$I_2 =$$

$$I_3 =$$

$$I_4 =$$

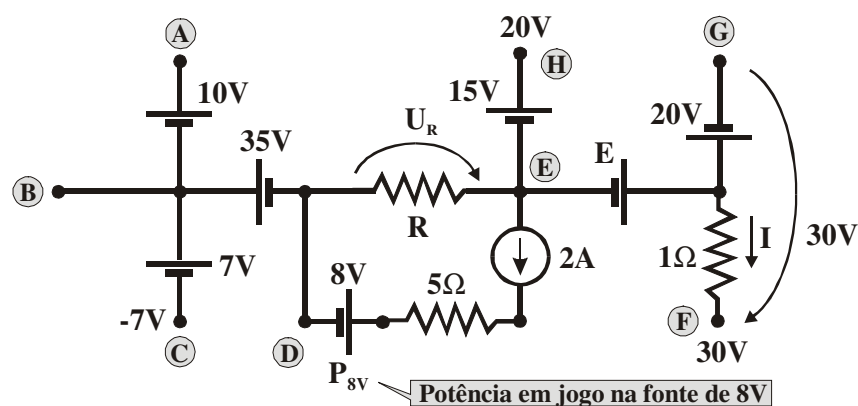
$$U =$$



$$I_{R2} =$$

$$I_{R3} =$$

As ligações deste circuito ao exterior são apenas os terminais T, W, X, Y e Z.



$$U_A =$$

$$U_B =$$

$$U_C = -7V$$

$$U_D =$$

$$U_E =$$

$$U_F = 30V$$

$$U_G =$$

$$U_H = 20V$$

$$U_R =$$

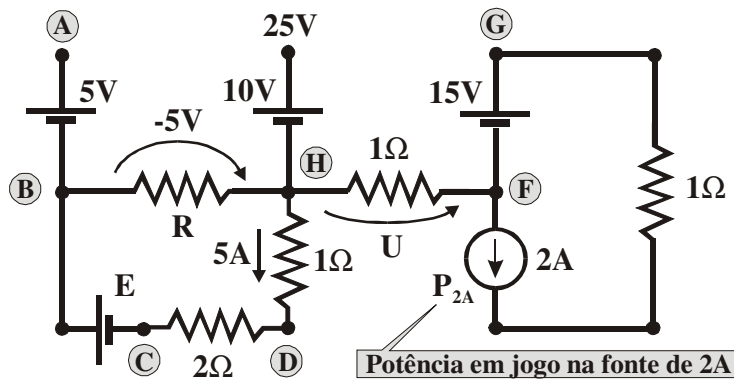
$$E =$$

$$I =$$

$$P_{8v} =$$

As ligações deste circuito ao exterior são apenas os terminais A, B, C, G, H e F.

A fonte ideal de tensão de 8V recebe energia do circuito ou fornece-lhe energia?



$U_A =$

$U_G =$

$U_B =$

$U_H =$

$U_C =$

$E =$

$U_D =$

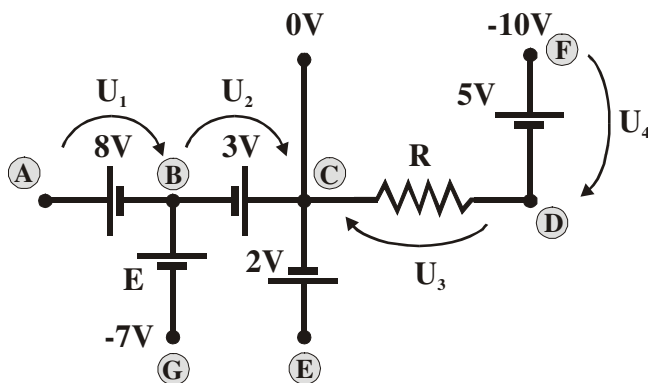
$U =$

$U_F =$

$P_{2A} =$

As ligações deste circuito ao exterior são apenas o terminal A e o terminal onde existem 25V.

A fonte ideal de corrente recebe energia do circuito ou fornece-lhe energia?



$U_A =$

$U_1 =$

$U_B =$

$U_2 =$

$U_C =$

$U_3 =$

$U_D =$

$U_4 =$

$U_E =$

$E =$

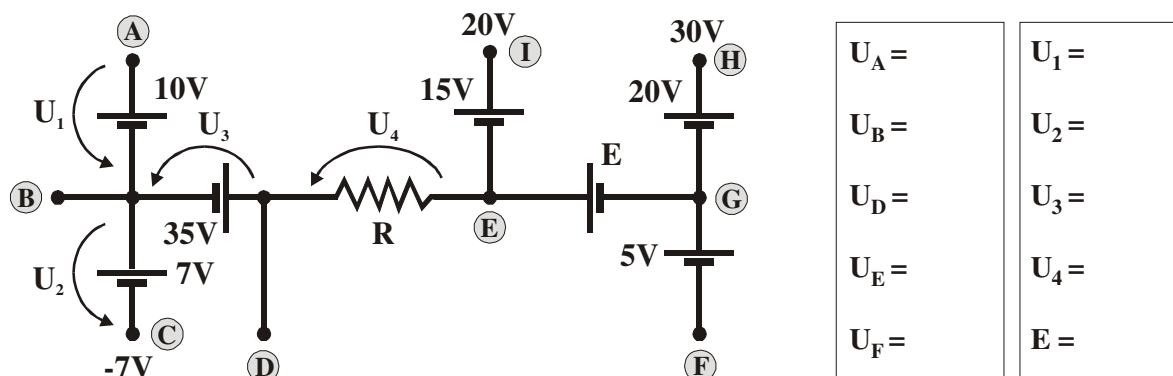
Medidas com **multímetro ideal** a funcionar como **voltímetro no modo DC**:

Ponta vermelha	Ponta preta	Leitura
A	C	
B	D	
C	B	

Indique os pontos onde ligar os terminais das pontas de prova de um osciloscópio (a funcionar no modo DC) para medir as tensões referidas, nos casos em que tal medição é possível. Indicar também o estado (ON ou OFF) dos botões INV e ADD (marcar com um X a opção correcta).

**Nota:** a massa do osciloscópio encontra-se ligada ao terminal C da fonte de 2V.

U <sub>2</sub> e U <sub>3</sub> simultaneamente				U <sub>1</sub> e U <sub>4</sub> simultaneamente				U <sub>3</sub> e U <sub>4</sub> simultaneamente			
Não é possível				Não é possível				Não é possível			
Canal 1	P1	Ponto		Canal 1	P1	Ponto		Canal 1	P1	Ponto	
	GND1	Ponto			GND1	Ponto			GND1	Ponto	
	INV	ON	OFF		INV	ON	OFF		INV	ON	OFF
Canal 2	P2	Ponto		Canal 2	P2	Ponto		Canal 2	P2	Ponto	
	GND2	Ponto			GND2	Ponto			GND2	Ponto	
	INV	ON	OFF		INV	ON	OFF		INV	ON	OFF
ADD		ON	OFF	ADD		ON	OFF	ADD		ON	OFF

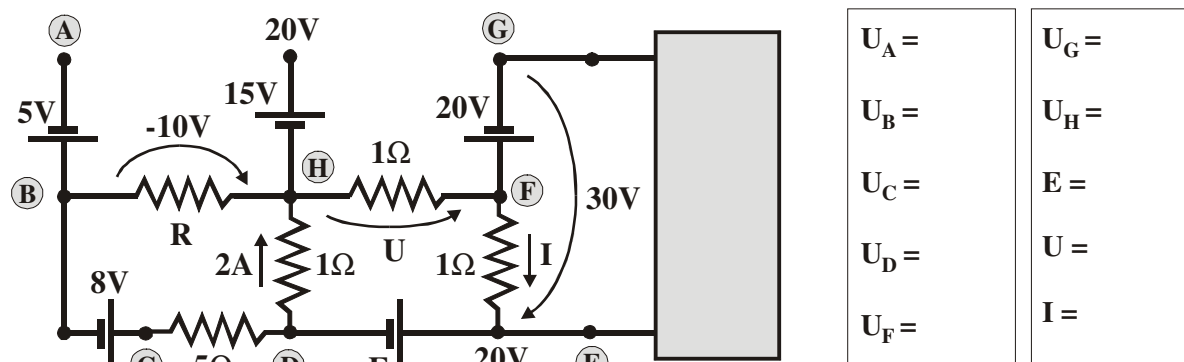


Medidas obtidas com um **multímetro ideal** a funcionar como **voltímetro no modo DC**:

Ponta vermelha	Ponta preta	Leitura
A	B	
B	D	
F	B	

Indique os pontos onde ligar os terminais das pontas de prova de um osciloscópio (a funcionar no modo DC) para medir as tensões referidas, nos casos em que tal medição é possível. Indicar também o estado (ON ou OFF) dos botões INV e ADD (marcar com um X a opção correcta). (Nota: a massa do osciloscópio encontra-se ligada ao terminal B do circuito)

$U_2$ e $U_3$ simultaneamente					$U_1$ e $U_3$ simultaneamente					$U_3$ e $U_4$ simultaneamente				
Não é possível					Não é possível					Não é possível				
Canal 1	P1	Ponto			Canal 1	P1	Ponto			Canal 1	P1	Ponto		
	GND1	Ponto				GND1	Ponto				GND1	Ponto		
	INV	ON	OFF			INV	ON	OFF			INV	ON	OFF	
Canal 2	P2	Ponto			Canal 2	P2	Ponto			Canal 2	P2	Ponto		
	GND2	Ponto				GND2	Ponto				GND2	Ponto		
	INV	ON	OFF			INV	ON	OFF			INV	ON	OFF	
ADD					ADD					ADD				

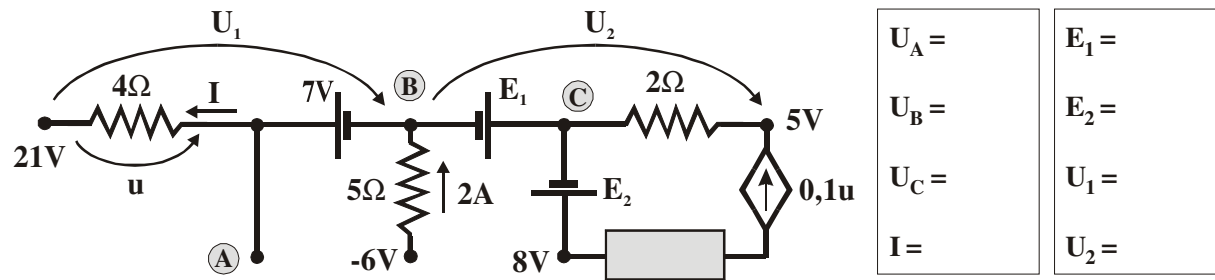


As ligações deste circuito ao exterior são apenas o terminal A e o terminal onde existem 20V.

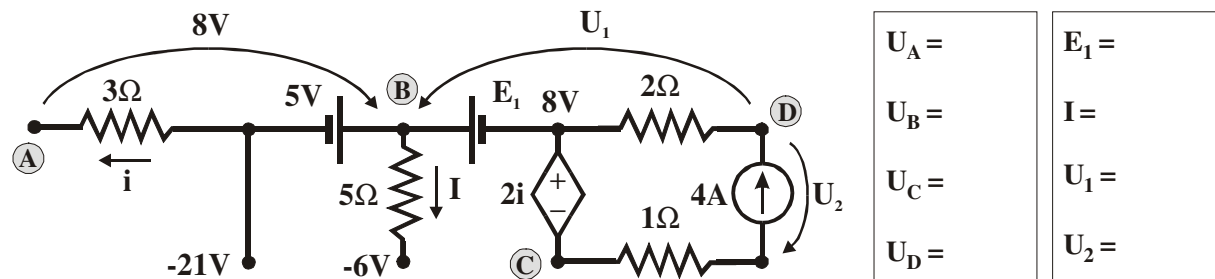
Medidas obtidas com um **multímetro ideal** a funcionar como **voltímetro no modo DC**:

Ponta vermelha	Ponta preta	Leitura
A	B	
E	F	
G	H	

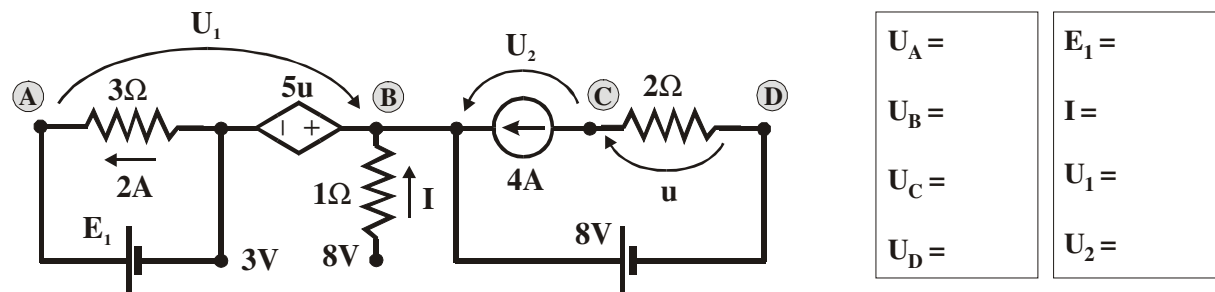




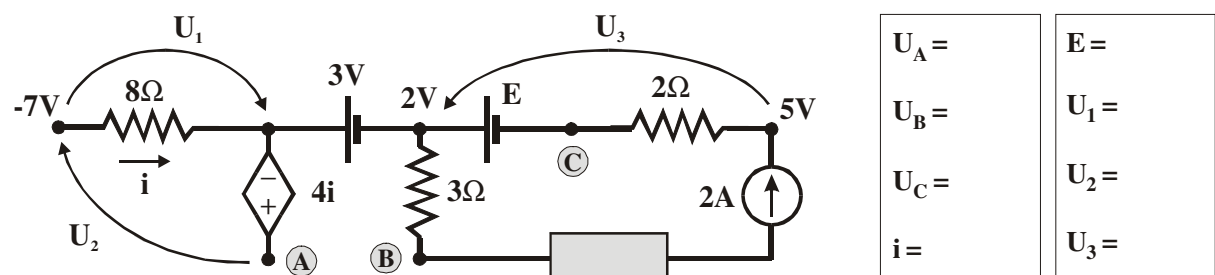
As ligações deste circuito ao exterior são apenas o terminal A e o terminal onde existem 21V e -6V.



As ligações deste circuito ao exterior são apenas o terminal A e o terminal onde existem -21V e -6V.

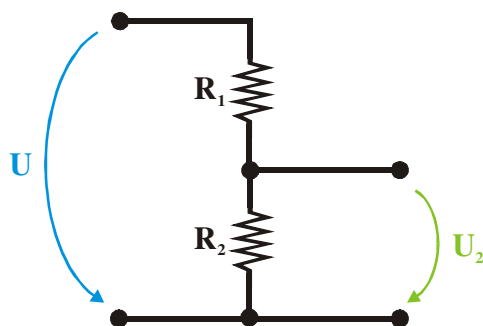


A única ligação deste circuito ao exterior é o terminal onde existem 8V.



As ligações deste circuito ao exterior são apenas o terminal A e o terminal onde existem -7V.

12. A tensão  $U_2$  é medida recorrendo a um voltímetro de resistência interna  $R_V$ .



$$U = 50V \quad (\text{constante})$$

$$R_1 = 100k\Omega$$

$$R_2 = 100k\Omega$$

Calcule o valor de  $U_2$  quando

12.1  $R_V = 1\Omega$

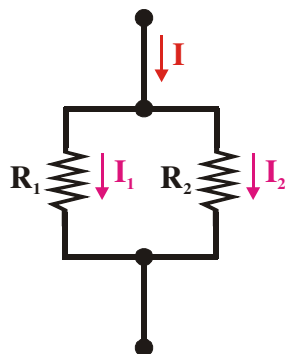
12.2  $R_V = 1k\Omega$

12.3  $R_V = 10k\Omega$

12.4  $R_V = 100k\Omega$

12.5  $R_V = 1M\Omega$

13. A corrente  $I_2$  é medida recorrendo a um amperímetro de resistência interna  $R_A$ .



$$I = 10A \quad (\text{constante})$$

$$R_1 = 10\Omega$$

$$R_2 = 10\Omega$$

Calcule o valor de  $I_2$  quando

13.1  $R_A = 0,1\Omega$

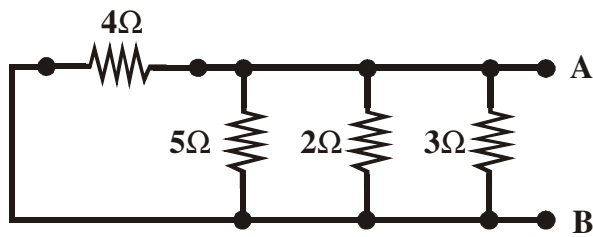
13.2  $R_A = 1\Omega$

13.3  $R_A = 10\Omega$

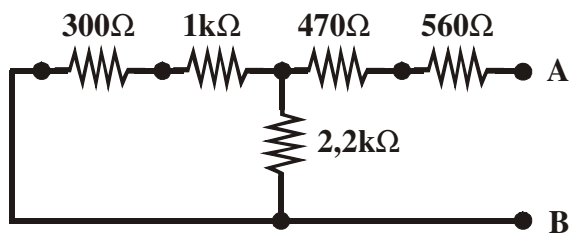
13.4  $R_A = 100\Omega$

13.5  $R_A = 1k\Omega$

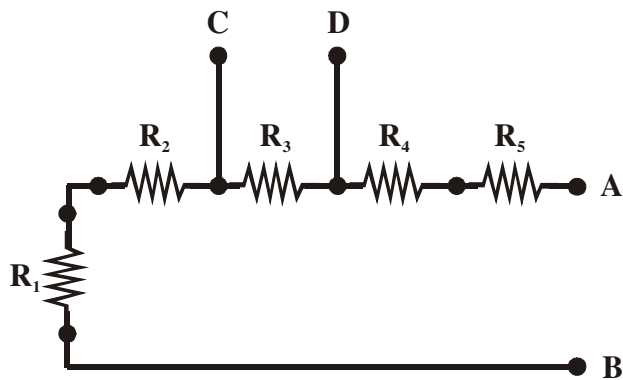
14. Calcule os valores das resistências indicadas junto de cada figura.



$$R_{AB} =$$



$$R_{AB} =$$

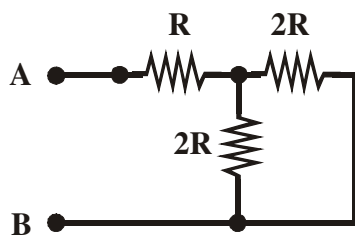


$$R_{AB} =$$

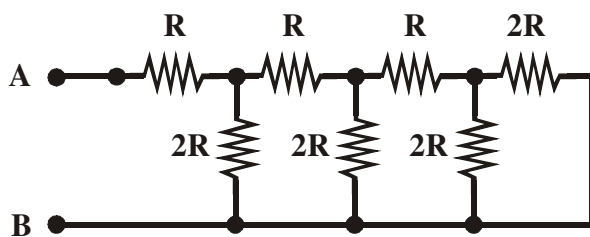
$$R_{CD} =$$

$$R_{AD} =$$

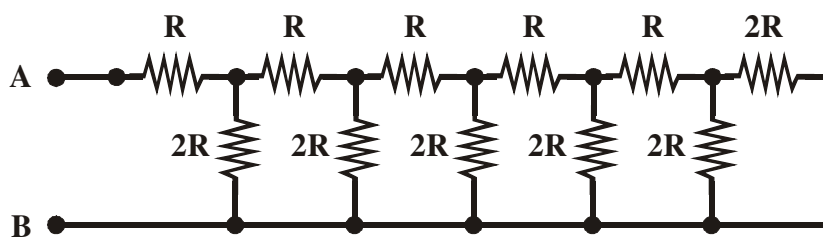
$$R_{BC} =$$



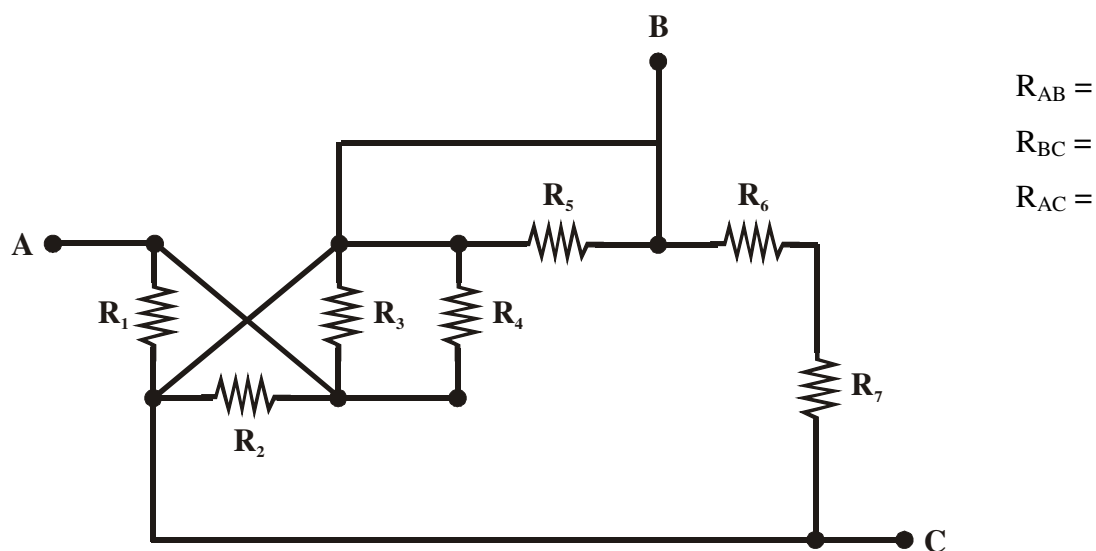
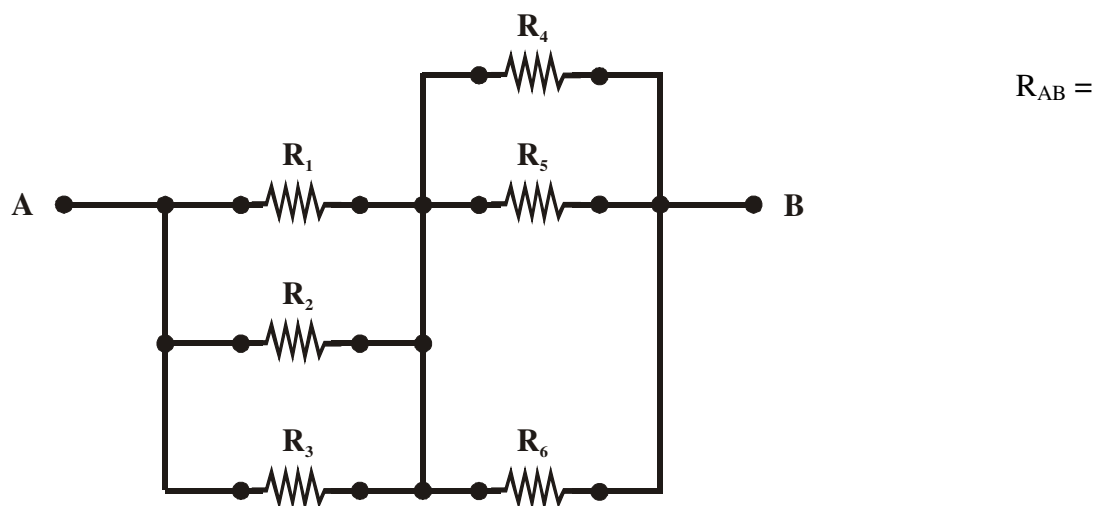
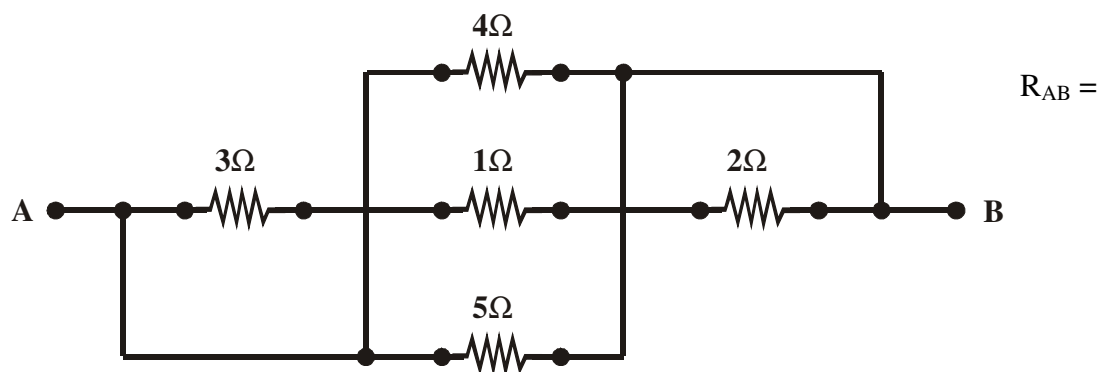
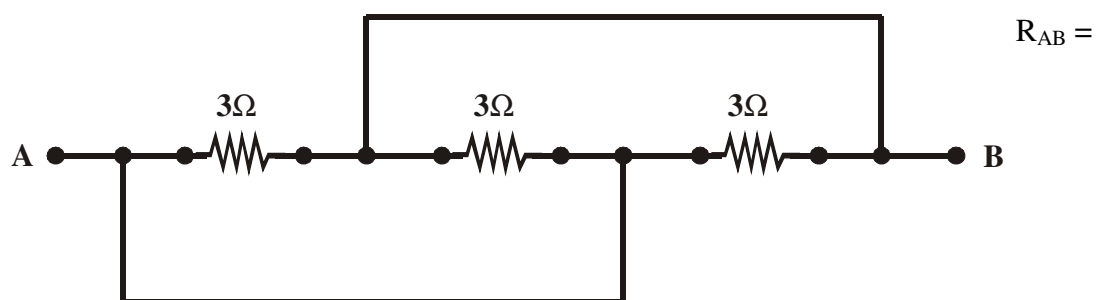
$$R_{AB} =$$

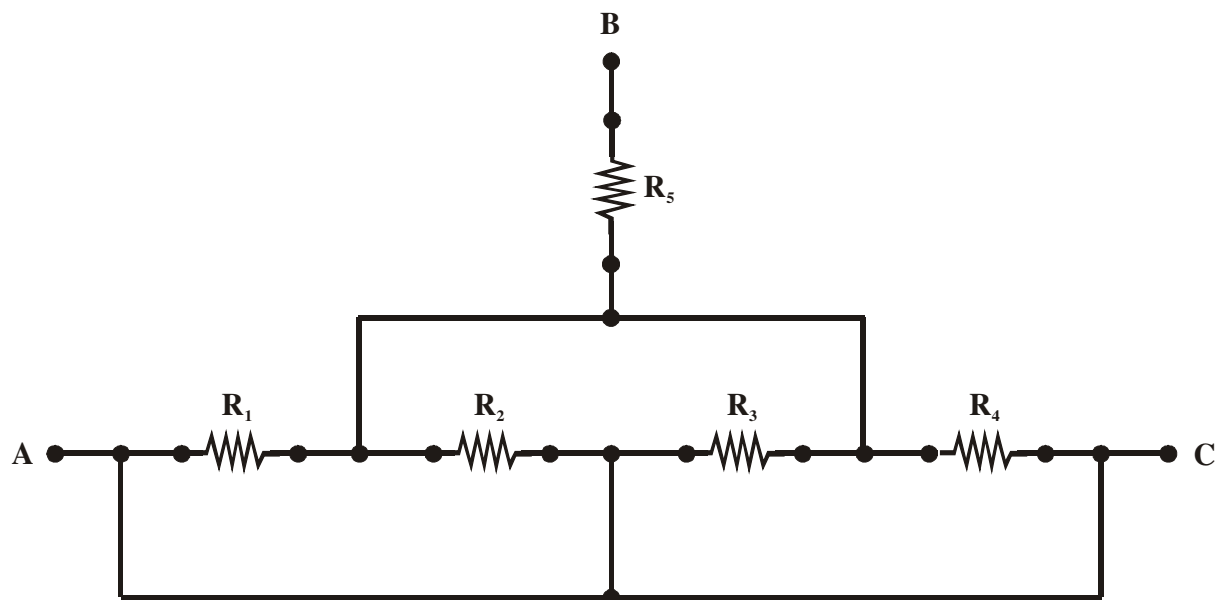


$$R_{AB} =$$



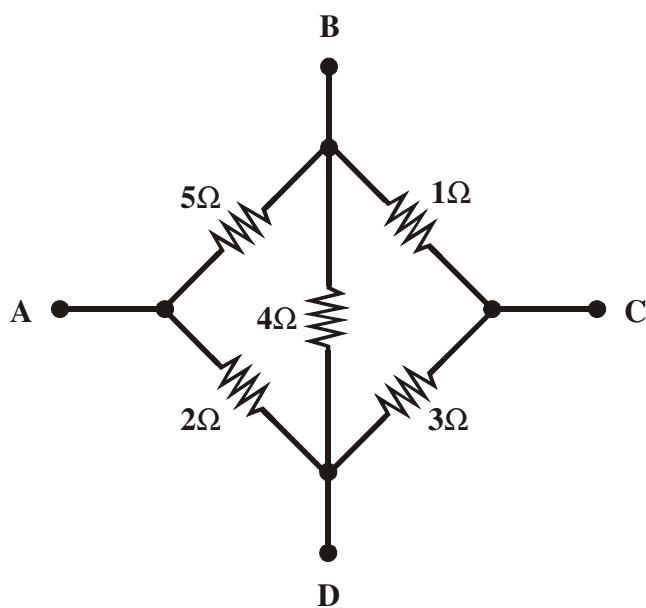
$$R_{AB} =$$





$$R_{AB} =$$

$$R_{AC} =$$



$$R_{AB} =$$

$$R_{BD} =$$

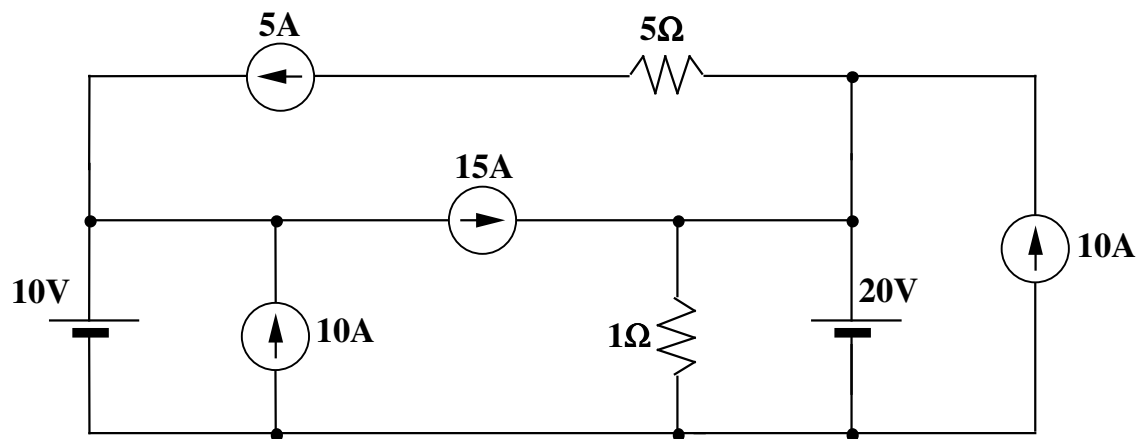
$$R_{AC} =$$

15. Relativamente ao circuito da figura:

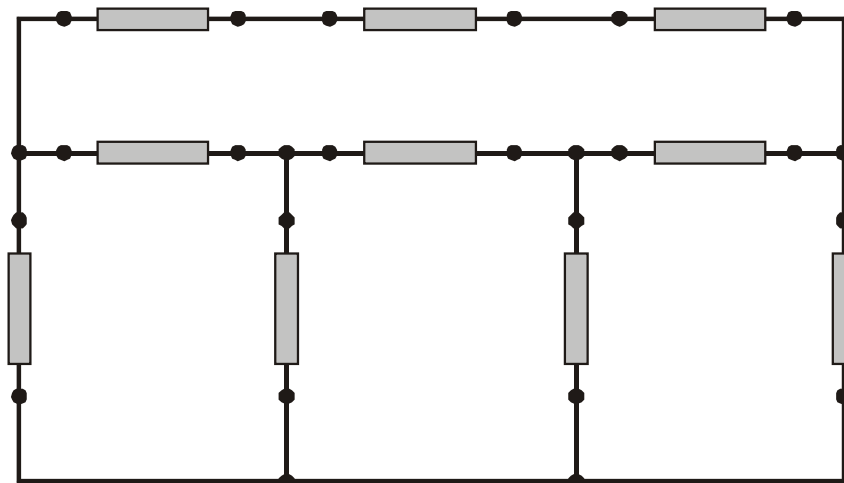
15.1 *Determine quais são os componentes que fornecem energia ao circuito.*

15.2 *Determine quais são os componentes que recebem energia do circuito.*

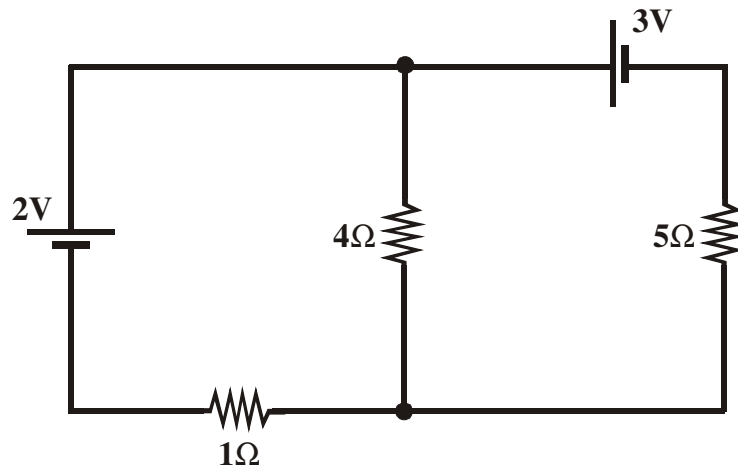
15.3 *Calcule o valor da potência em jogo em cada componente do circuito.*



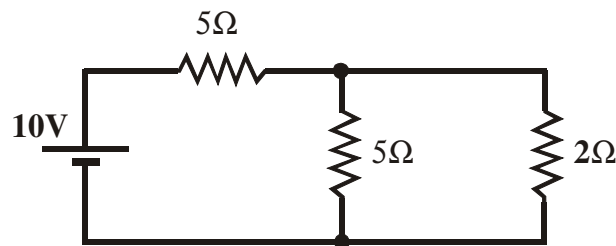
16. Identifique todos os ramos, nós e malhas do circuito.



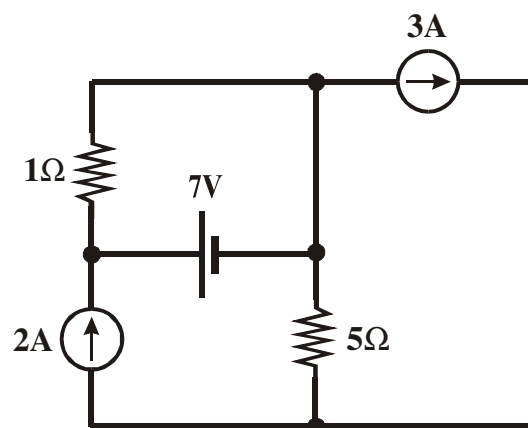
17. Recorrendo às Leis de Kirchhoff, determine as correntes nos ramos do circuito.



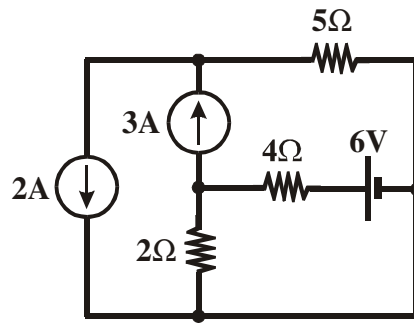
18. Recorrendo ao Teorema de Thévenin, determine o valor da tensão presente nos terminais da resistência de  $2\Omega$ .



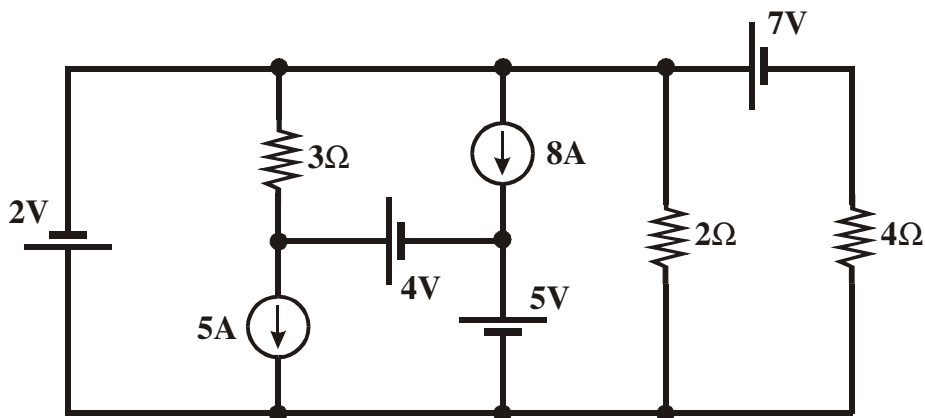
19. Recorrendo ao Teorema de Thévenin, determine o valor da potência em jogo na fonte de 2A. Essa fonte recebe energia do circuito ou fornece-lhe energia?



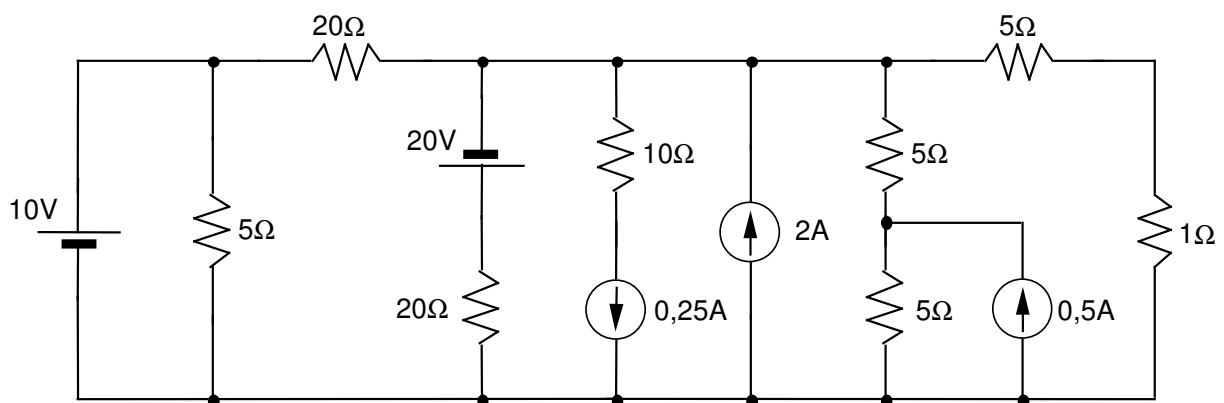
20. Recorrendo ao Teorema de Norton, determine o valor da potência em jogo na resistência de  $2\Omega$ .



21. Recorrendo ao Teorema de Norton, determine o valor da potência em jogo na fonte de 5V. Essa fonte recebe energia do circuito ou fornece-lhe energia?

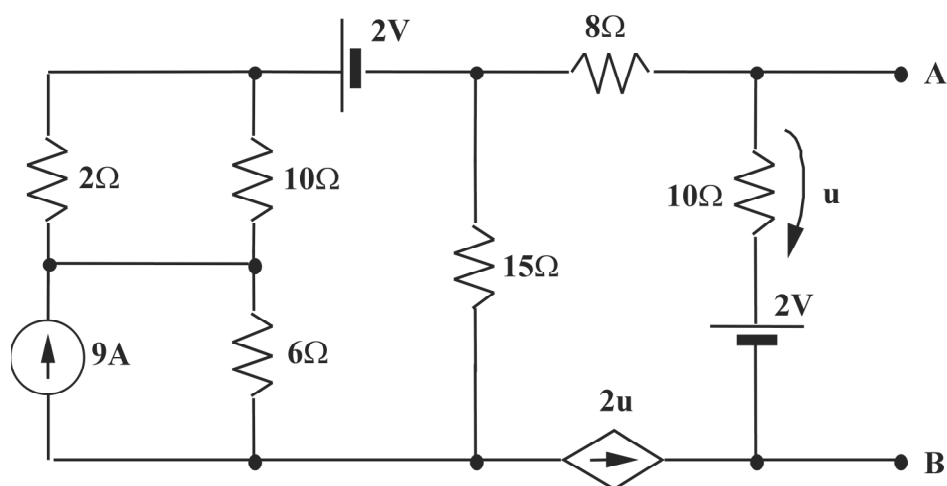
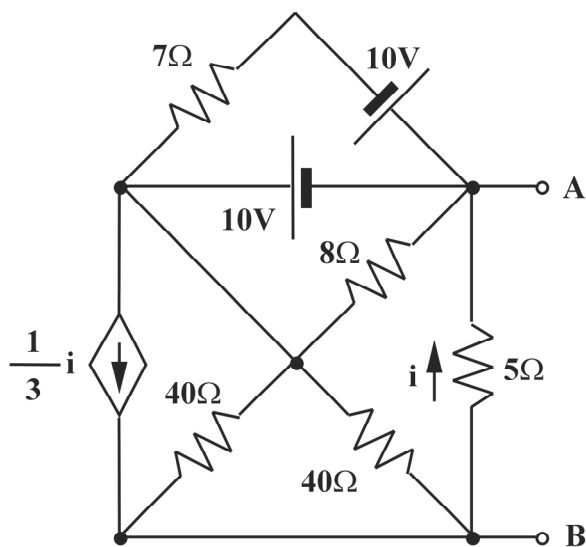


22. Determine os equivalentes de Thévenin e de Norton do circuito que alimenta a resistência de  $1\Omega$ .

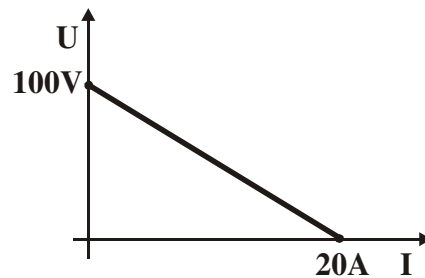




23. Determine os equivalentes de Thévenin e de Norton, relativamente aos terminais A e B, de cada um dos circuitos apresentados.



24. O gráfico apresenta a evolução da tensão presente nos terminais de uma fonte de energia, em função da corrente debitada por essa fonte.



- 24.1 Determine o valor da tensão que existe entre os terminais da fonte quando esta se encontra em vazio.
- 24.2 Determine o valor da corrente de curto-circuito da fonte.
- 24.3 Determine o valor da resistência interna da fonte.
- 24.4 Determine o Equivalente de Thévenin da fonte.
- 24.5 Determine o Equivalente de Norton da fonte.
- 24.6 Determine o valor da tensão que existe entre os terminais da fonte quando esta alimenta uma resistência de  $15\Omega$ .
- 24.7 Determine o valor da corrente debitada pela fonte quando esta alimenta uma resistência de  $3\Omega$ .
- 24.8 Determine o valor da resistência de carga quando a tensão que existe entre os terminais da fonte é de  $37\text{V}$ .
- 24.9 Determine o valor da resistência de carga quando a corrente debitada pela fonte é de  $18\text{A}$ .
- 24.10 Determine o valor máximo de potência que esta fonte pode entregar a uma carga resistiva.
- 24.11 Verifique se esta fonte se aproxima mais de uma fonte ideal de tensão ou de uma fonte ideal de corrente, quando alimenta uma carga que pode variar
- entre  $80\Omega$  e  $90\Omega$ .
  - entre  $0,1\Omega$  e  $0,7\Omega$ .

25. Uma resistência cujo valor pode variar entre  $1\Omega$  e  $50\Omega$  foi ligada aos terminais de uma fonte linear de energia. Após vários ensaios, verificou-se que a potência na resistência atinge um máximo de  $5W$  quando o seu valor é de  $20\Omega$ .

*25.1 Determine o Equivalente de Thévenin da fonte de energia.*

26. Uma fonte de energia apresenta uma tensão de  $15V$  entre os seus terminais quando se encontra em vazio. Se curto-circuitada com um condutor de resistência desprezável, a fonte debita uma corrente de  $7,5A$ .

*26.1 Determine o valor da resistência interna da fonte.*

*26.2 Determine o valor da tensão que existe entre os terminais da fonte quando esta alimenta uma resistência de  $8\Omega$ .*

*26.3 Determine o valor máximo da potência entregue por esta fonte a uma carga resistiva.*

*26.4 Verifique se esta fonte se aproxima mais de uma fonte ideal de tensão ou de uma fonte ideal de corrente, quando alimenta uma carga que pode variar entre  $50\Omega$  e  $100\Omega$ .*

27. Uma fonte linear de energia possui uma resistência interna de  $10\Omega$ . O valor máximo da potência que esta fonte pode entregar a uma carga resistiva é  $1000W$ .

*27.1 Determine o valor da tensão que existe entre os terminais da fonte quando esta se encontra em vazio.*

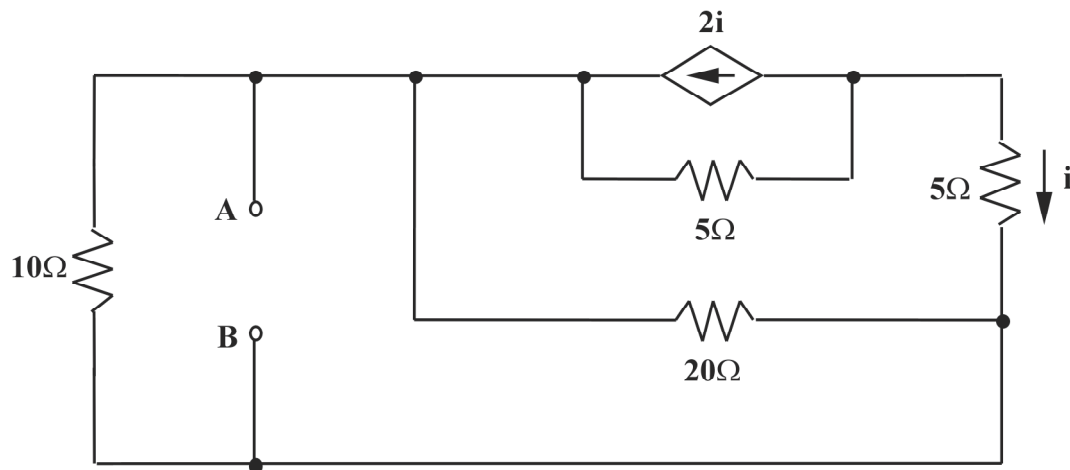
*27.2 Determine o valor da corrente de curto-circuito desta fonte.*

*27.3 Determine o valor da resistência de carga quando a tensão que existe entre os terminais da fonte é de  $160V$ .*

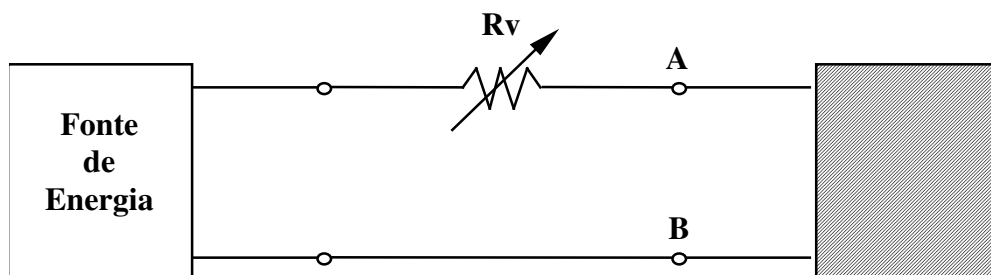
*27.4 Determine o valor da resistência de carga quando a corrente debitada pela fonte é de  $5A$ .*

28. Uma fonte de energia apresenta, em aberto, uma tensão de **10V** nos seus terminais. Se curto-circuitada com um condutor de resistência desprezável, a mesma fonte debita uma corrente de **1mA**.

28.1 Utilize o teorema de Thévenin para determinar se esta fonte recebe energia do circuito da figura ou lhe fornece energia quando ligada entre os terminais **A** e **B**.



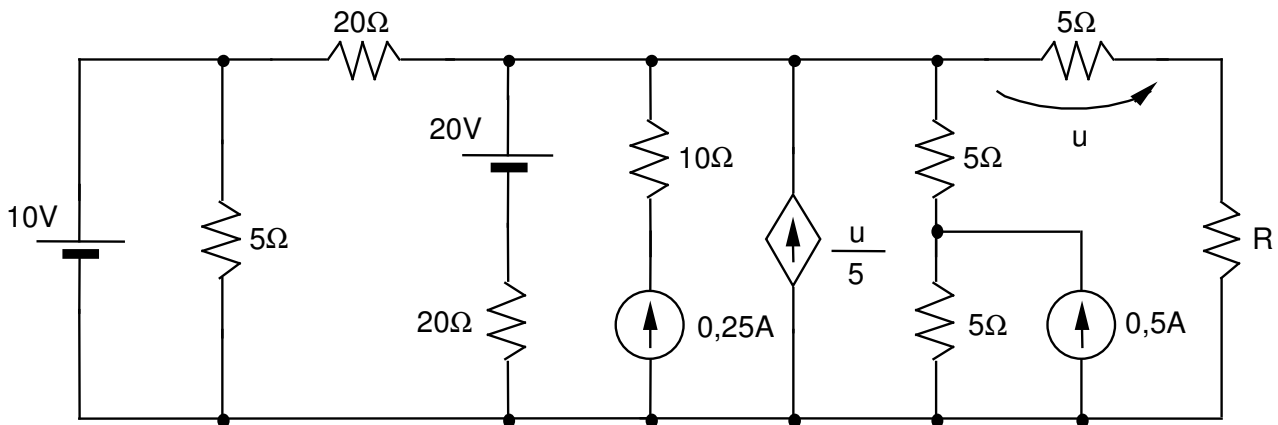
28.2 De acordo com a figura seguinte, entre a fonte e o circuito já estudado coloca-se uma resistência ajustável **R<sub>v</sub>**, cujo valor pode variar entre **0Ω** e **5Ω**. Do ponto de vista da nova carga assim constituída, verifique se a fonte de energia se aproxima mais de uma fonte ideal de tensão ou de uma fonte ideal de corrente.



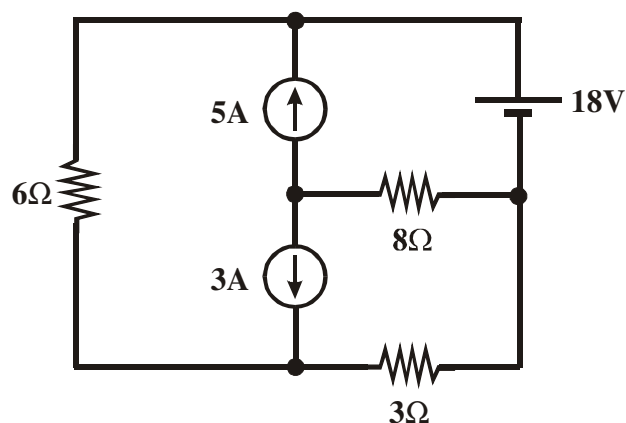
29. Relativamente ao circuito da figura:

29.1 Calcule  $R$  de modo a que a potência em jogo nesta resistência seja de  $2W$ .

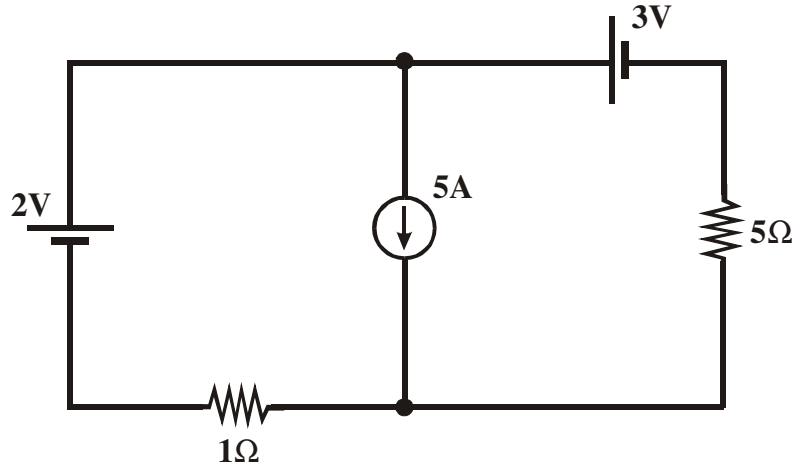
29.2 Calcule o valor de  $R$  de modo a que a potência que o circuito lhe fornece tenha o maior valor possível. Determine o valor dessa potência.



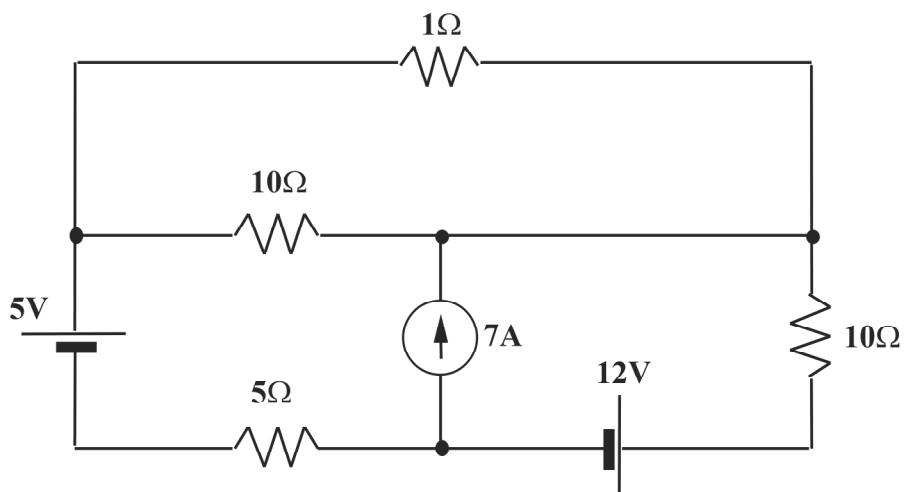
30. Recorrendo ao Princípio da Sobreposição, determine o valor da potência em jogo na fonte de 18V. Verifique se essa fonte recebe energia do circuito ou lhe fornece energia.



31. Recorrendo ao Princípio da Sobreposição, determine o valor da potência em jogo na fonte de 5A. Verifique se essa fonte recebe energia do circuito ou lhe fornece energia.



32. Recorrendo ao Princípio da Sobreposição, verifique se a fonte de 5V recebe energia do circuito ou lhe fornece energia. Calcule o valor da potência em jogo nessa fonte. Justifique todas as afirmações, cálculos e eventuais simplificações que efectuar.



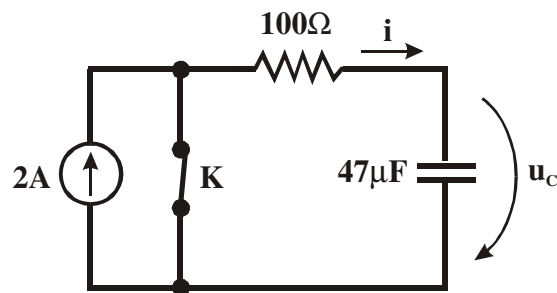
33. No circuito da figura, o interruptor K encontra-se inicialmente fechado. No instante  $t = t_0$ , verifica-se que  $u_C = 0V$ . O interruptor é aberto nesse instante e novamente fechado 5ms depois. Determine:

33.1 o primeiro instante depois de  $t_0$  em que  $u_C = 100V$ .

33.2 o valor máximo de  $u_C$ .

33.3 o valor de  $u_C$  no instante  $t = t_0 + 7ms$ .

33.4 o valor de  $i$  no instante  $t = t_0 + 7ms$ .



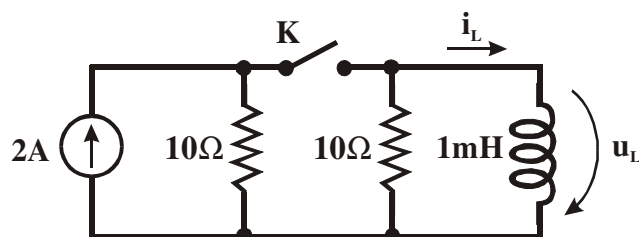
34. No circuito da figura, o interruptor K encontra-se inicialmente aberto. No instante  $t = t_0$ , verifica-se que  $i_L = 0A$ . O interruptor é fechado nesse instante e novamente aberto 0,3ms depois. Determine:

34.1 o equivalente de Thévenin do circuito que alimenta a bobina quando K está fechado.

34.2 o primeiro instante depois de  $t_0$  em que  $i_L = 1A$ .

34.3 o valor de  $i_L$  no instante  $t = t_0 + 0,3ms$ .

34.4 o valor de  $u_L$  no instante  $t = t_0 + 0,45ms$ .



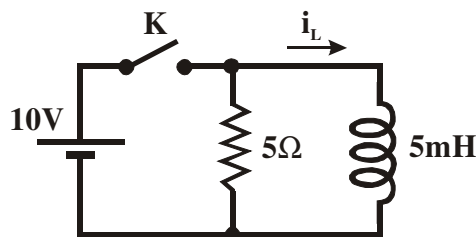
35. No circuito da figura, o interruptor K encontra-se inicialmente aberto. No instante  $t = t_0$ , verifica-se que  $i_L = 0A$ . O interruptor é fechado nesse instante e novamente aberto 10ms depois. Determine:

35.1 o primeiro instante depois de  $t_0$  em que  $i_L = 10A$ .

35.2 o valor máximo de  $i_L$ .

35.3 o valor de  $i_L$  no instante  $t = t_0 + 11,5ms$ .

35.4 o valor da tensão na resistência no instante  $t = t_0 + 11,5ms$  (marque na figura o sentido desta tensão).



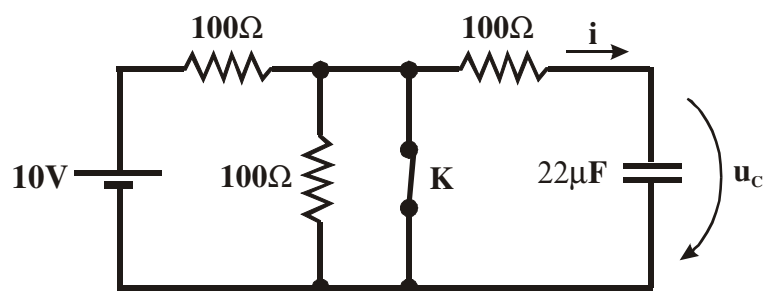
36. No circuito da figura, o interruptor K encontra-se inicialmente fechado. No instante  $t = t_0$ , verifica-se que  $u_C = 0V$ . O interruptor é aberto nesse instante e novamente fechado 6,6ms depois. Determine:

36.1 o equivalente de Thévenin do circuito que alimenta o condensador quando K está aberto.

36.2 o primeiro instante depois de  $t_0$  em que  $u_C = 1V$ .

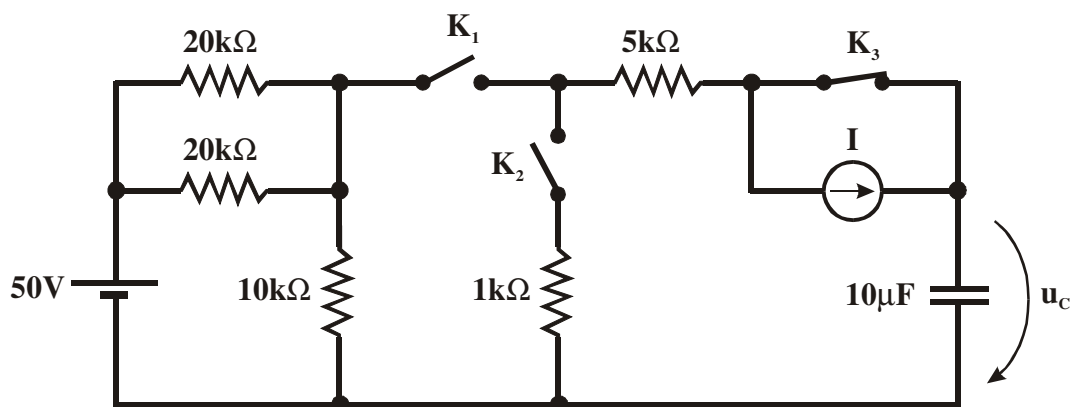
36.3 o valor de  $u_C$  no instante  $t = t_0 + 6,6ms$ .

36.4 o valor de  $i$  no instante  $t = t_0 + 8,8ms$ .





37. Preencha os quadros anexos à figura.



$K_1$ fechado	$K_2$ aberto	$K_3$ fechado
Tensão de Thévenin do circuito ligado ao condensador		
Resistência de Thévenin do circuito ligado ao condensador		
Constante de tempo do circuito		
Valor de $u_C$ em regime permanente		

$K_1$ aberto	$K_2$ aberto	$K_3$ fechado
Resistência de Thévenin do circuito ligado ao condensador		

-	-	$K_3$ aberto
---	---	--------------

Resistência de Thévenin do circuito ligado ao condensador		
---	--	--

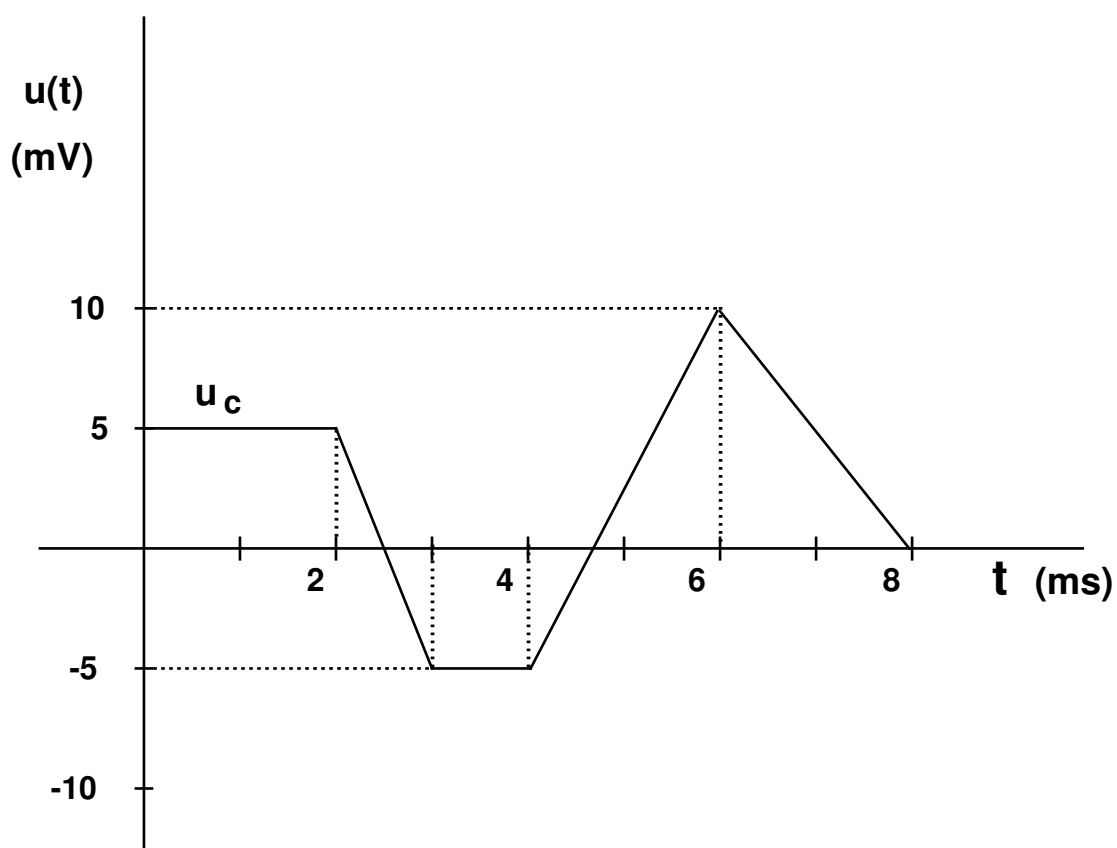
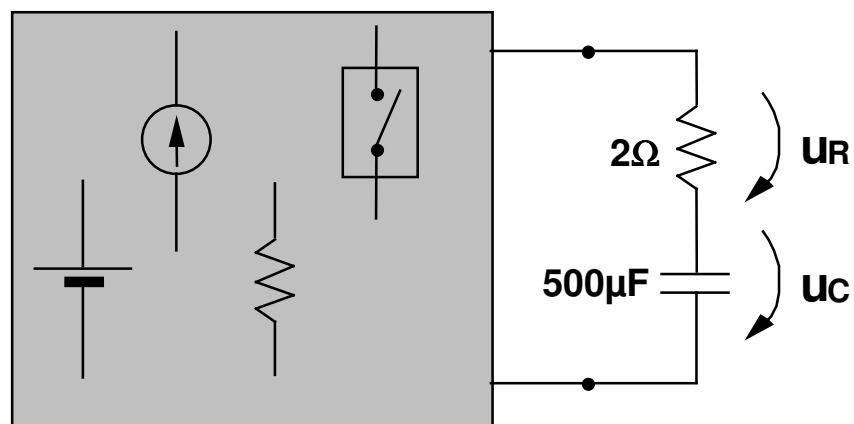
$K_1$ aberto	$K_2$ fechado	$K_3$ fechado
Tensão de Thévenin do circuito ligado ao condensador		
Resistência de Thévenin do circuito ligado ao condensador		
Constante de tempo do circuito		
Valor de $u_C$ em regime permanente		

- **Condições iniciais:**  
 $K_1$  aberto,  $K_2$  aberto,  $K_3$  fechado e  $u_C = 0$ .
- $K_1$  é fechado no instante  $t_0$  e aberto 250ms depois.
- $K_2$  é fechado no instante  $t_0 + 500ms$ .
- $K_3$  é aberto no instante  $t_0 + 600ms$  e fechado quando  $u_C$  atinge 20V.

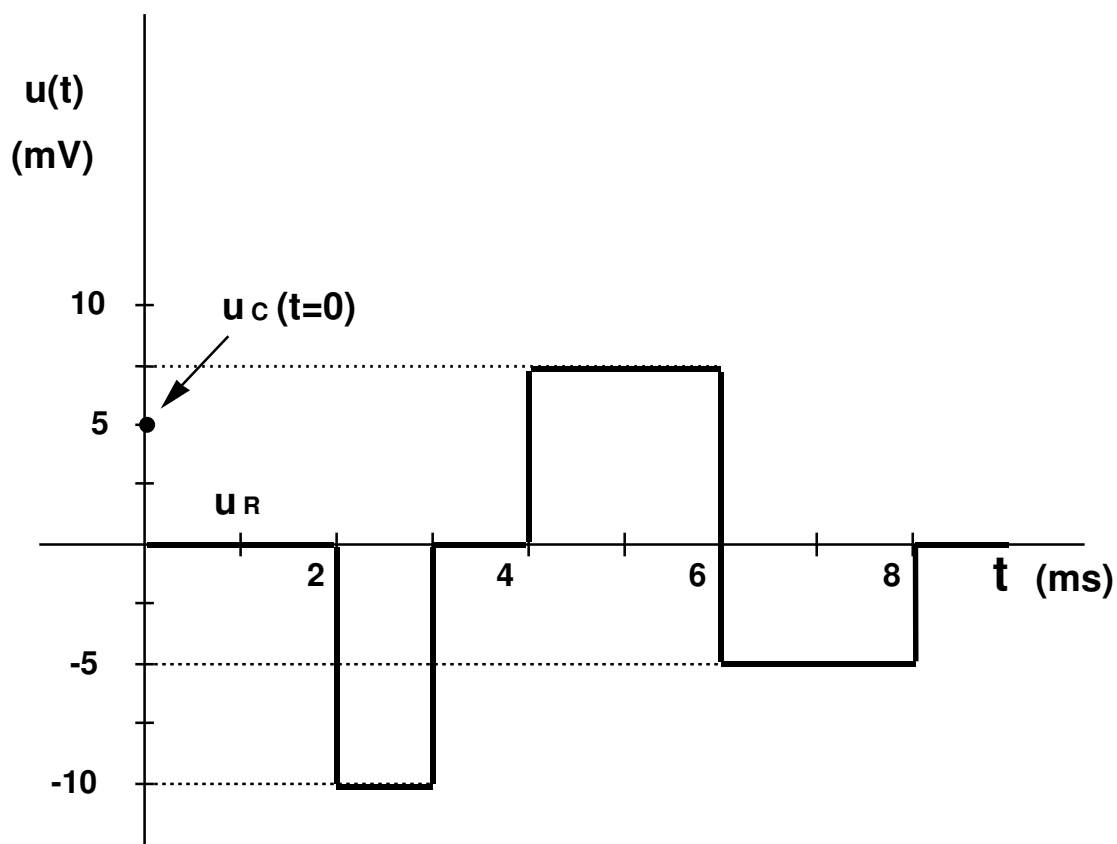
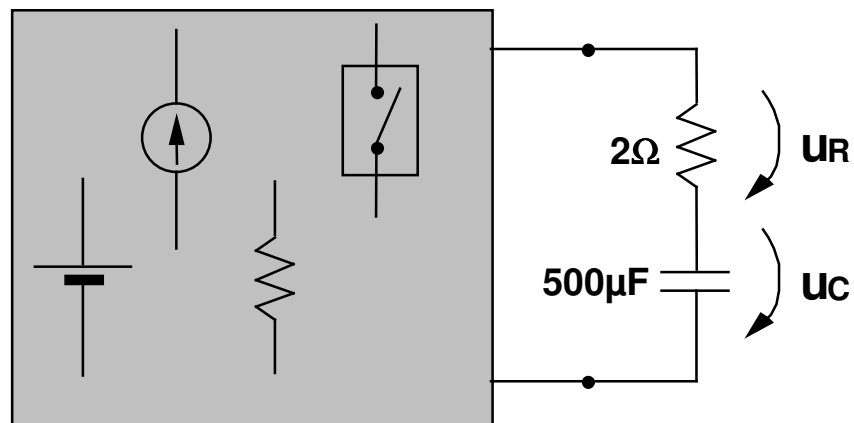
$K_1$ fechado	$K_2$ fechado	$K_3$ fechado
Tensão de Thévenin do circuito ligado ao condensador		
Resistência de Thévenin do circuito ligado ao condensador		
Constante de tempo do circuito		
Valor de $u_C$ em regime permanente		

Valor máximo efectivamente atingido por $u_C$	
Valor de $u_C$ no instante $t_0 + 51ms$	
Instante em que $u_C$ atinge pela segunda vez o valor 15V	
Valor de I tal que $K_3$ permaneça aberto 50ms	

38. Esboce o gráfico da tensão  $u_R(t)$ .



39. No instante  $t = 0$  o condensador encontra-se carregado com uma tensão de 5mV. Esboce o gráfico da tensão  $u_C(t)$ .



40. O condensador **C** carrega-se quando se fecha o interruptor **INT** e descarrega-se quando se abre esse interruptor. O gráfico mostra a corrente na resistência **R<sub>2</sub>** em função do tempo.

40.1 No mesmo sistema de eixos desenhe o gráfico da corrente  $i_c$  no condensador.

40.2 Suponha que:

$$E = 12V$$

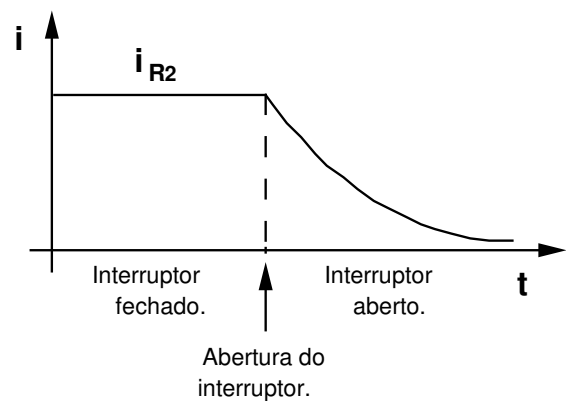
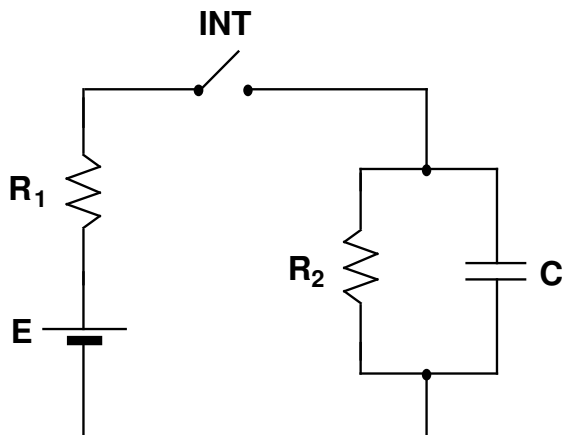
$$R_1 = 10k\Omega$$

$$R_2 = 5k\Omega$$

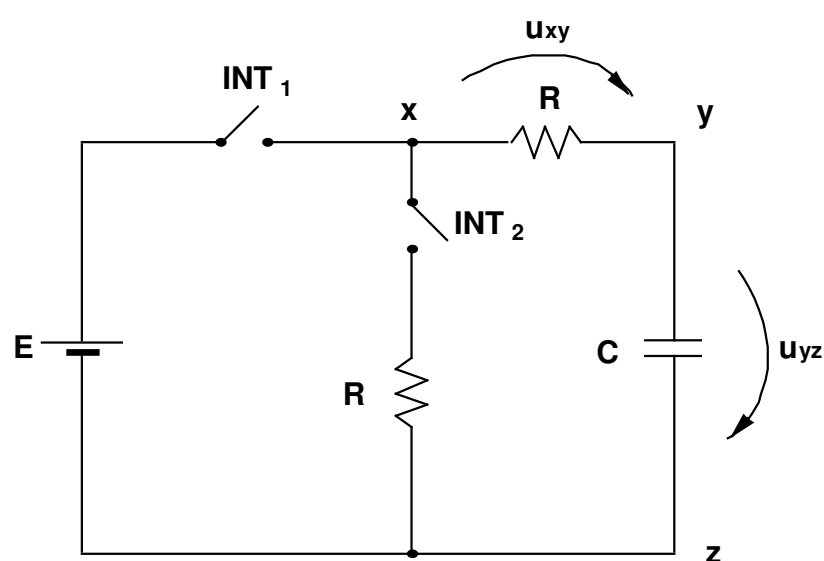
$$C = 1000\mu F$$

40.2.1 Calcule o valor inicial de  $i_{R2}$  (imediatamente antes de se abrir o interruptor).

40.2.2 Calcule o valor da tensão presente nos terminais do condensador 8 segundos depois de o interruptor ter sido aberto.

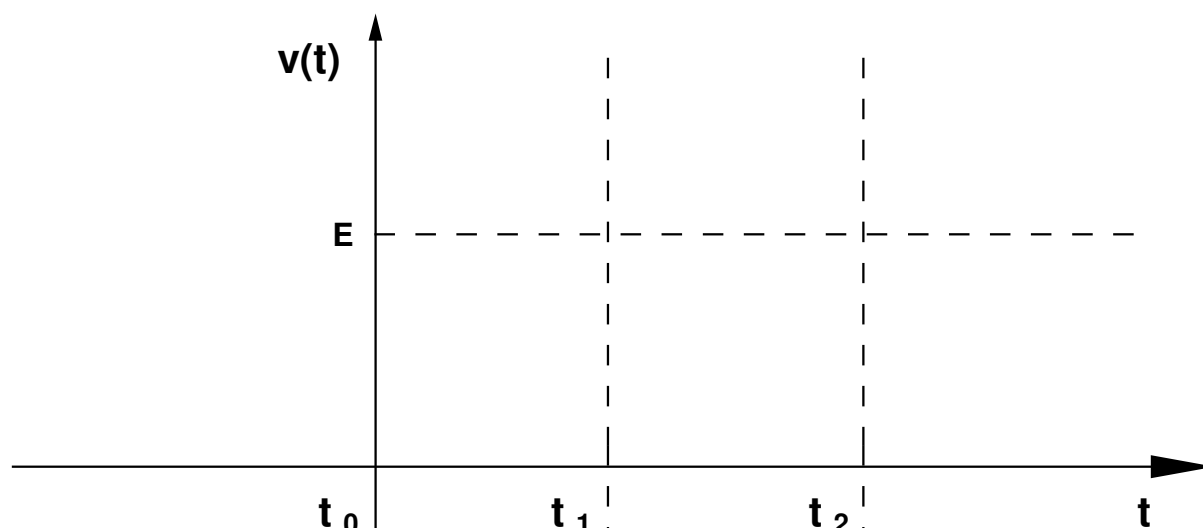


41. Desenhe os gráficos da variação no tempo das tensões  $u_{xy}$  e  $u_{yz}$ , indicando os valores máximos e mínimos.



Estado inicial (antes de  $t_0$ ):

- C descarregado.
- **INT<sub>1</sub>** e **INT<sub>2</sub>** abertos.



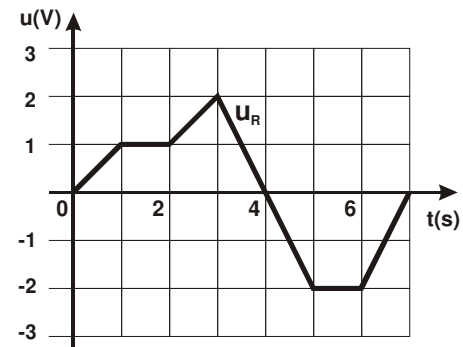
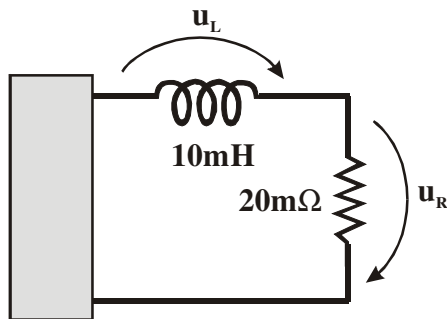
INT 1	A	Fecho	F	Abertura	A	A
INT 2	A	A	A	A	Fecho	F

**A** - Interruptor aberto.

**F** - Interruptor fechado.

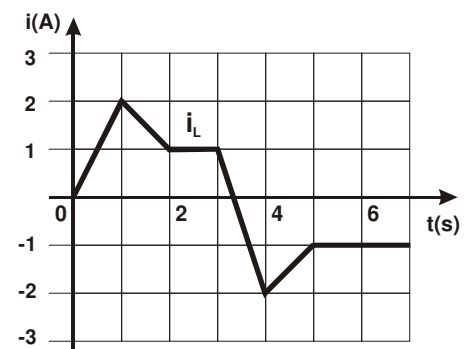
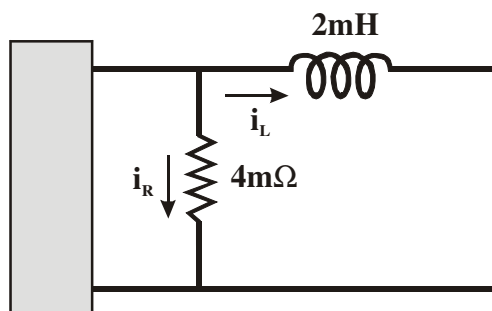
42. No gráfico está representado um período completo da tensão periódica  $u_R$ .

42.1 Desenhe, no mesmo gráfico, a evolução temporal da tensão  $u_L$ .



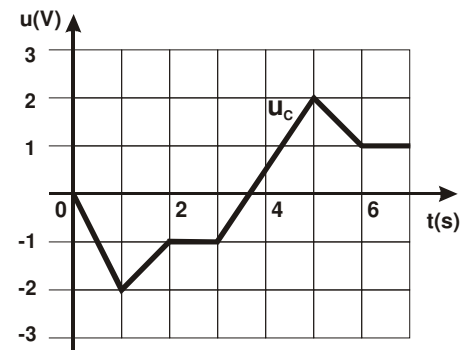
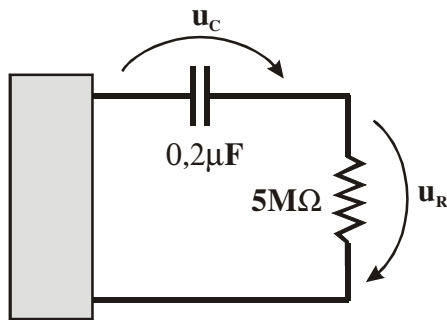
43. No gráfico está representado um período completo da corrente periódica  $i_L$ .

43.1 Desenhe, no mesmo gráfico, a evolução temporal da corrente  $i_R$ .



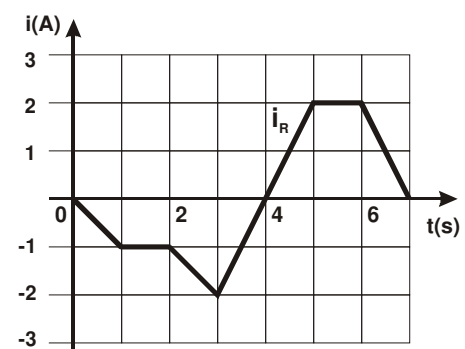
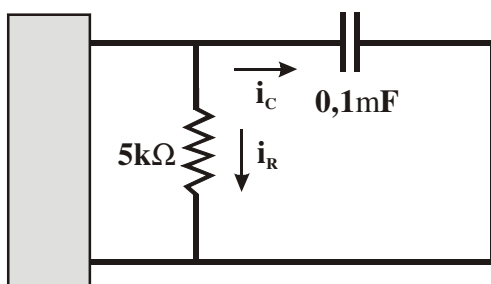
44. No gráfico está representado um período completo da tensão periódica  $u_C$ .

44.1 Desenhe, no mesmo gráfico, a evolução temporal da tensão  $u_R$ .



45. No gráfico está representado um período completo da corrente periódica  $i_R$ .

45.1 Desenhe, no mesmo gráfico, a evolução temporal da corrente  $i_C$ .

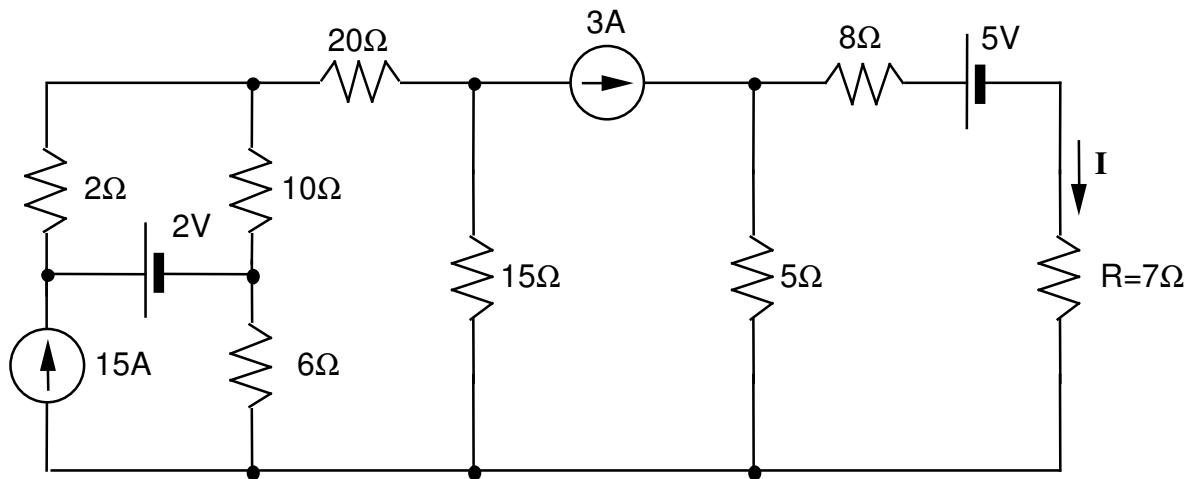


46. Relativamente ao circuito da figura:

46.1 Calcule o valor da potência em jogo em  $R = 7\Omega$ .

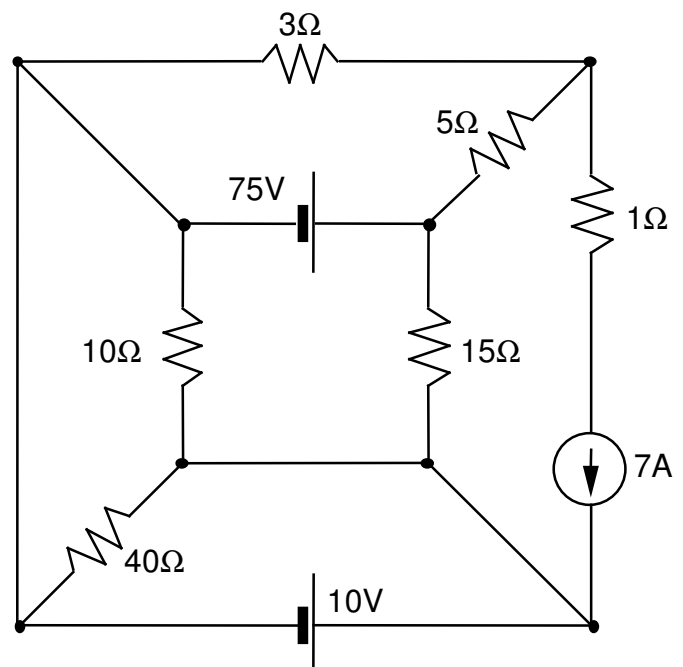
46.2 Calcule o valor de  $R$  por forma a que  $I = 0,25A$ .

46.3 Justifique a escolha do método de resolução adoptado, bem como eventuais simplificações que efectuar.



47. Verifique se a fonte ideal de corrente recebe energia do circuito ou lhe fornece energia. Calcule o valor da potência em jogo nessa fonte.

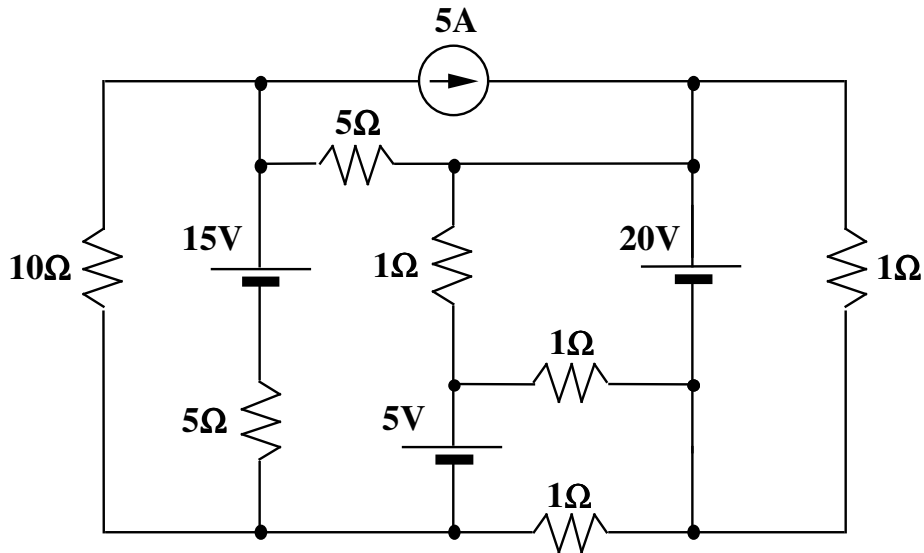
47.1 Justifique a escolha do método de resolução adoptado, bem como eventuais simplificações que efectuar.





48. Verifique se a fonte de 5V recebe energia do circuito ou lhe fornece energia. Calcule o valor da potência em jogo nessa fonte.

48.1 Justifique a escolha do método de resolução adoptado, bem como eventuais simplificações que efectuar.



49. Sabendo que  $U_A = 12V$  determine o valor de  $U_B$ . Justifique todos os cálculos que efectuar.

