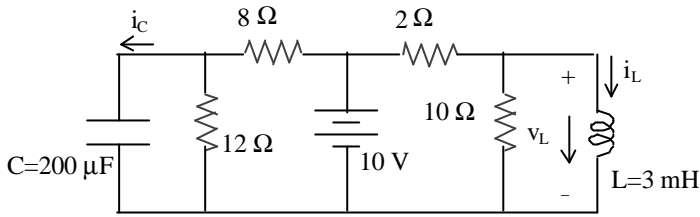


### PARTE III - Circuitos Dinâmicos Lineares

#### Problema 3.1 - Circuito LC em regime estacionário (dc)

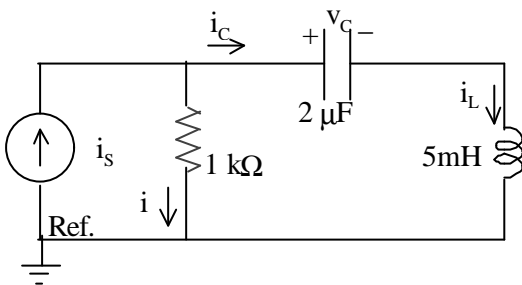
Considere o circuito da figura 3.1, que representa uma rede RLC alimentada por um gerador de tensão contínua. Calcule as seguintes grandezas eléctricas, em regime estacionário:



- Energia  $W_C$  no condensador  $C$ ,
- Energia  $W_L$  na bobina  $L$ ,
- As correntes nos ramos,
- As tensões nos ramos.

Figura 3.1 - Rede LC com gerador dc

#### Problema 3.2 - Circuito RLC com fonte de corrente



Considere o circuito da figura 3.2, em que  $i_s = 2u(t)$  [A]. Admita que no instante inicial ( $t=0$ ) se tem  $v_C(0)=8V$  e  $i_L(0)=3A$ .

- Escreva as equações nodais (integro-diferenciais) do circuito.
- Escreva as equações das malhas.

Figura 3.2 – Circuito RLC com fonte de corrente

#### Problema 3.3 - Circuito RC com fonte dc e interruptor

Para o circuito da figura 3.3, determine em  $t=1s$  os valores das seguintes grandezas eléctricas:

- Tensão no condensador  $v_C$ ,
- Tensão na resistência de  $20\Omega$  ( $v_R$ ),
- Tensão aos terminais do interruptor ( $v_{sw}$ ).

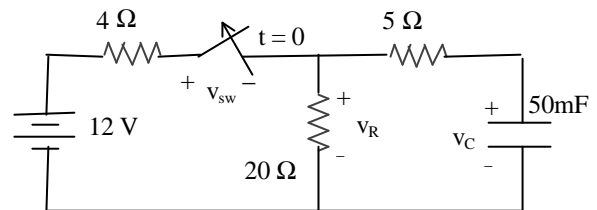


Figura 3.3 - Circuito RC com fonte dc e interruptor

#### Problema 3.4 - Circuito RL excitado por um escalão de tensão

Considere o circuito da figura 3.4, onde os componentes RL série são polarizados por uma tensão contínua de 10V e excitados por um sinal em escalão. Trace o andamento no tempo da corrente e da tensão na bobina  $i_L(t)$  e  $v_L(t)$ .

Nota:  $u(t)=0$  para  $t<0$  e  $u(t)=1$  para  $t \geq 0$  (função escalão unitário).

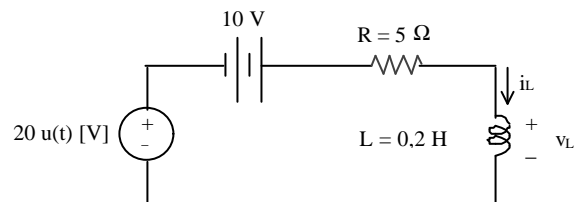
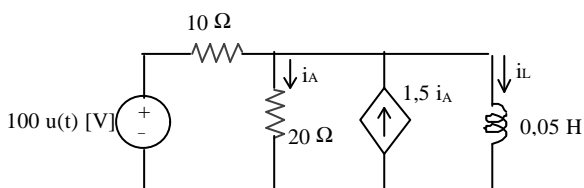


Figura 3.4 - Circuito RL excitado por um escalão

#### Problema 3.5 - Circuito RL com um gerador comandado

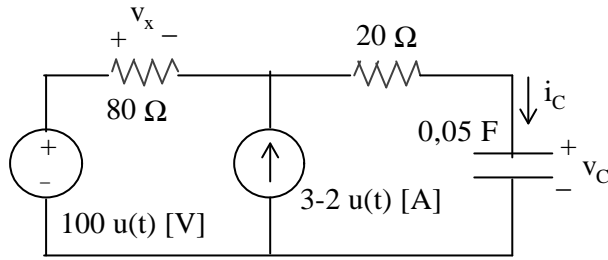


Considere o circuito RL da figura 3.5 que contém um gerador de corrente comandado e é excitado por um escalão de tensão.

Determine o andamento no tempo da corrente na bobina  $i_L(t)$  para  $t>0$ .

Figura 3.5 - Circuito RL com gerador comandado

**Problema 3.6 - Circuito RC excitado por dois escalões (um de tensão e outro de corrente)**



Considere o circuito da figura 3.6 que inclui uma rede RC e dois geradores em escalão: um de corrente e um de tensão.

Determine o andamento no tempo das tensões  $v_x(t)$  e  $v_C(t)$ , e da corrente  $i_C(t)$  para todo o  $t$ .

Figura 3.6 - Circuito RC excitado por dois escalões

**Problema 3.7 - Alteração da carga de um condensador**

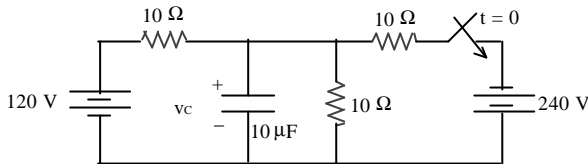


Figura 3.7 - Circuito RC com um interruptor e fontes dc

Considere o circuito da figura 3.7, onde em  $t=0$  se fecha o interruptor. Admita que o interruptor estava aberto há muito tempo.

- Determine a tensão  $v_C(t)$  para  $t>0$ .
- Em que instante se verifica  $v_C(t)=0$  [V]?

**Problema 3.8 - Carga e descarga de um condensador**

No circuito da figura 3.8, admita que o comutador está há muito tempo na posição A. Move-se o comutador para B em  $t=0$  e novamente para A em  $t=1$ s. Determine  $R_1$  e  $R_2$  de modo que se tenha para a tensão no condensador  $v_C=7.5$ V em  $t=1$ s e  $v_C=1$ V em  $t=1.001$ s.

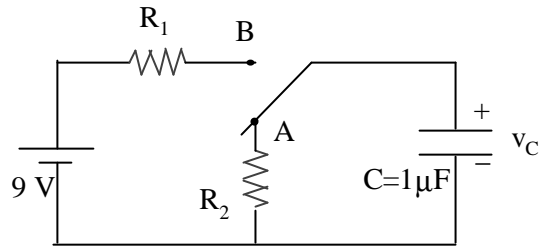


Figura 3.8 - Carga de um condensador a tensão constante

**Problema 3.9 - Carga duma bobina**

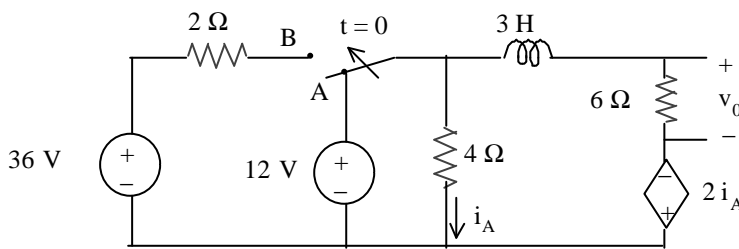


Figura 3.9 - Bobina comutada entre uma fonte de 12V e uma de 36V

No circuito da figura 3.9, a bobina de 3H que estava ligada a uma fonte dc de 12V em  $t=0$  passa a estar ligada a uma de 36V com uma resistência interna de 2 Ohm. Calcule a expressão da tensão  $v_0(t)$  para  $t>0$ .

**Problema 3.10 - Carga simultânea de uma bobina e um condensador**

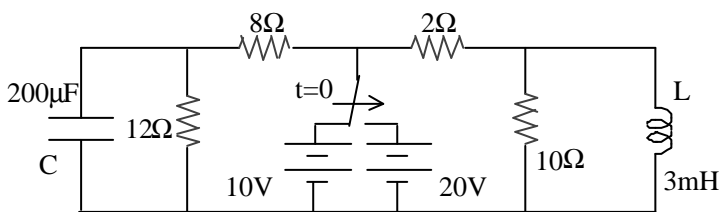


Figura 3.10 - Carga duma bobina e dum condensador em simultâneo

Para o circuito da figura 3.10, onde simultaneamente se comuta a carga do condensador C e da bobina L, determine as correntes, as tensões e as energias nestes dois componentes ( $i_L$ ,  $i_C$ ,  $v_L$ ,  $v_C$ ,  $w_L$  e  $w_C$ ) em  $t=0^-$ ,  $t=0^+$  e  $t=\infty$ . O comutador é actuado em  $t=0$ .

### Problema 3.11 - Carga dum condensador a corrente constante

Considere o circuito da figura 3.11 onde se supõe que o interruptor I abre em  $t=0$  e torna a fechar em  $t_1=15\text{ms}$ .

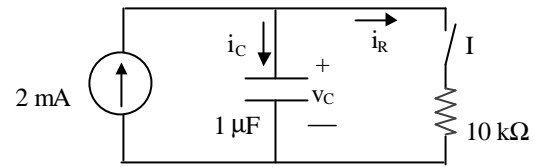
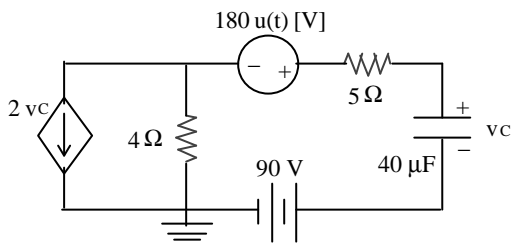


Figura 3.11 - Carga dum condensador a corrente constante

- Calcule a potência fornecida pela fonte de corrente e a energia armazenada no condensador antes da abertura do interruptor ( $t=0^-$ ).
- Calcule a expressão da tensão  $v_C(t)$  no intervalo  $]0,t_1[$  e o seu valor em  $t=t_1$ .
- Calcule a expressão da tensão  $v_C(t)$  no intervalo  $[t_1,\infty[$  e o seu valor em  $t=2t_1=30\text{ms}$ .
- Represente graficamente  $v_C(t)$ ,  $i_C(t)$  e  $i_R(t)$  no intervalo  $]0,\infty[$ . Considere como  $t=\infty$ , um valor de  $t$  tal que as grandezas a representar já sejam praticamente constantes.
- Calcule a energia fornecida pela fonte e a energia dissipada na resistência no intervalo de tempo  $]0,2t_1[$ .

### Problema 3.12 - Transitório de descarga dum condensador



Determine o instante  $t_0$  em que se verifica o anulamento da tensão aos terminais do condensador da figura 3.12 [ $v_C(t_0)=0$ ].

Figura 3.12 - Circuito de descarga com gerador comandado

### Problema 3.13 - Circuito RLC paralelo (R//L//C)

O circuito da figura 3.13 apresenta um circuito ressonante LC paralelo excitado por um gerador de tensão em escalão real.

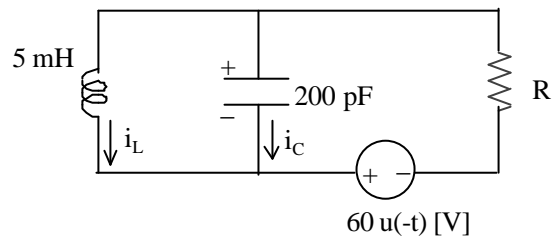


Figura 3.13 - Circuito R//L//C em comutação

- Qual o valor da resistência  $R$  que irá causar uma resposta criticamente amortecida?
- Usando o valor de  $R$  obtido na alínea a), determine a corrente no condensador,  $i_C(t)$ , para  $t>0$ .
- Qual o significado de  $t_s$  (*settling time* - tempo de estabelecimento) para  $i_C(t)$ ? Qual é o seu valor para 1% do valor máximo,  $i_{C\text{max}}$ ?

### Problema 3.14 - Circuito LC em L invertido com carga resistiva

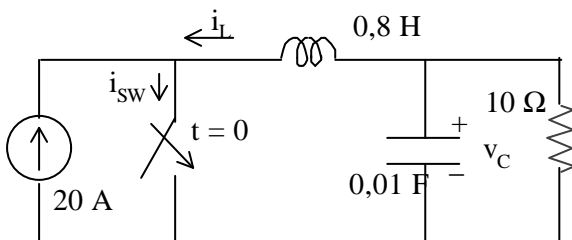


Figura 3.14 - Circuito LC invertido com carga resistiva

Na figura 3.14 considere que o interruptor está aberto há várias horas, sendo fechado em  $t=0$ .

- Determine o andamento da tensão aos terminais do condensador  $v_C(t)$  para  $t>0$ .
- Determine a expressão da corrente no interruptor  $i_{sw}(t)$  para  $t>0$ .

### Problema 3.15 - Circuito RLC em $\Pi$ excitado por corrente

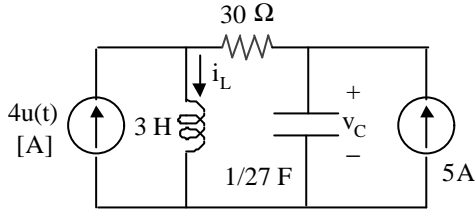


Figura 3.15 - Circuito RLC em  $\Pi$  excitado por corrente

Para o circuito da figura 3.15 calcule as seguintes grandezas:

- Tensão no condensador  $v_C$  e corrente na bobina  $i_L$ , bem como as respectivas derivadas em  $t=0^-$  e  $t=0^+$ .
- A tensão no condensador  $v_C(t)$  para  $t>0$ .

### Problema 3.16 - Circuito RLC série/paralelo

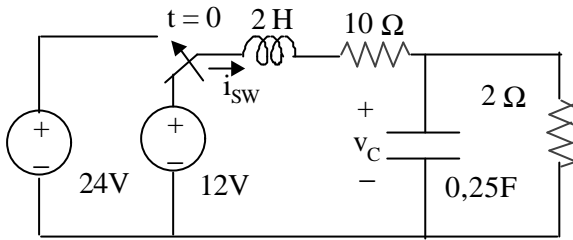


Figura 3.16 - Circuito RLC série/paralelo

Na figura 3.16 considere que o interruptor está ligado para baixo já há várias horas, sendo comutado em  $t=0$  para cima.

- Calcule em  $t=0^-$  e  $0^+$  os valores de  $v_C$  e  $i_{SW}$ .
- Determine o andamento da tensão aos terminais do condensador  $v_C(t)$  e da corrente no interruptor  $i_{SW}(t)$  para  $t>0$ .

### Problema 3.17 - Circuito LC com componentes reais

Admita que o interruptor da figura 3.17 está há muito tempo na posição A e que em  $t=0$  se move para B.

- Calcule a corrente na bobina  $i_L(t)$  para  $t>0$ .
- Determine os instantes de tempo em que ocorrem os valores máximo e mínimo da corrente  $i_L(t)$  calculada em a).

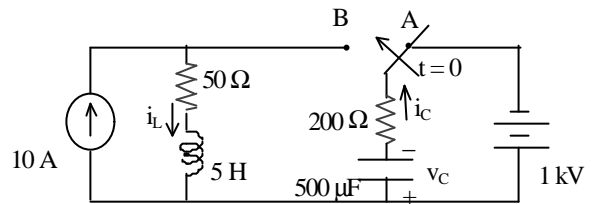


Figura 3.17 - Circuito LC com componentes reais

### Problema 3.18 - Circuito RLC série

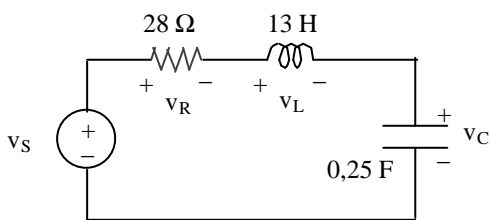


Figura 3.18 - Circuito RLC série

Na figura 3.18, sabendo que  $v_C(t)=4te^{-2t}$ , obter em  $t=0,5s$  as seguintes grandezas:

- A energia  $w_C$  armazenada no condensador.
- A energia  $w_L$  armazenada na bobina.
- Determine a tensão do gerador  $v_S$  capaz de produzir a tensão  $v_C(t)$  dada.

### Problema 3.19 - Circuito LC excitado por uma fonte de corrente real

Escreva as equações literais das malhas (método das malhas) para o circuito da figura 3.19, considerando as condições iniciais  $v_C(0)=8V$  e  $i_L(0)=3A$ . Explícite a corrente  $i_L$  em função da corrente do gerador de excitação  $i_S$ , primeiro literalmente e depois numericamente.

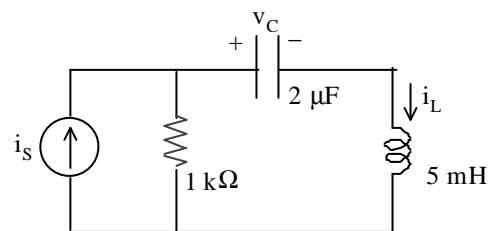


Figura 3.19 - Circuito LC série excitado por uma fonte de corrente real

**Problema 3.20 - Circuito LC com corrente e tensão comutadas**

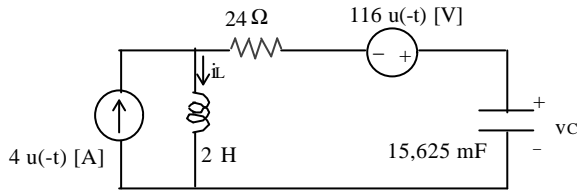


Figura 3.20 – Circuito LC comutado

Considere o circuito LC da figura 3.20.

- Calcule a corrente na bobina  $i_L(t)$  no intervalo  $-\infty < t < \infty$ .
- Calcule a tensão aos terminais do condensador  $v_C(t)$  para  $t > 0$ .

**Problema 3.21 - Equações de estado**

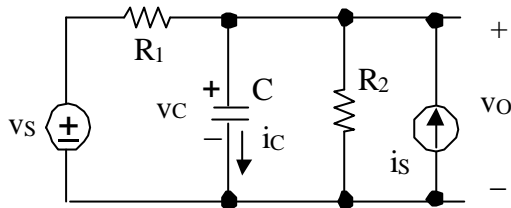


Figura 3.21 - Carga dum condensador por 2 fontes

Considere o circuito da figura 3.21

- Calcule as suas equações de estado e de saída.
- Para  $v_S=4u(t)$  e  $i_S=2\text{sen}(\omega t).u(t)$ , qual a solução particular para a tensão no condensador  $v_{Cp}(t)$ ?
- Qual a solução homogénea para a tensão no condensador  $v_{Ch}(t)$ ?
- Para a condição inicial  $v_C(0^-)=0$ , calcule a expressão de  $v_O(t)$  para  $t > 0$ .

**Problema 3.22 - Equações de estado**

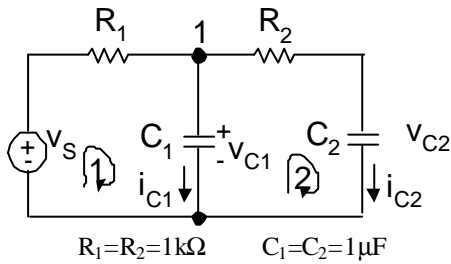


Figura 3.22 - Carga de dois condensadores

Considere o circuito da figura 3.22.

- Quais são as variáveis de estado do circuito? Escreva as equações de estado e de saída.
- Escreva a solução homogénea das variáveis de estado.
- Calcule a solução particular para  $v_S=u(t)$ .
- Calcule a solução particular para  $v_S=\cos(1000t) u(t)$ .
- Calcule a solução total para as variáveis de estado quando  $v_S=u(t)$  admitindo as seguintes condições iniciais: e1)  $v_{C1}(0^-)=v_{C2}(0^-)=0$ ; e2)  $v_{C1}(0^-)=1$  e  $v_{C2}(0^-)=0$
- Calcule a solução total para as variáveis de estado quando  $v_S=\cos(1000t)u(t)$  admitindo as seguintes condições iniciais: f1)  $v_{C1}(0^-)=v_{C2}(0^-)=0$ ; f2)  $v_{C1}(0^-)=1$  e  $v_{C2}(0^-)=0$ .