

Teoria dos Circuitos e Fundamentos de Electrónica

**AULA PRÁTICA EXTRA P4EXT  
(30 MARÇO-3 ABRIL)**

**Teresa Mendes de Almeida**

TeresaMAAlmeida@tecnico.ulisboa.pt

Área Científica de Electrónica  
DEEC

2019/2020

- Esta versão digital da aula P4EXTRA é para ser usada exclusivamente pelos alunos da unidade curricular Teoria dos Circuitos e Fundamentos de Electrónica do MEBiom e do MBioNano do Instituto Superior Técnico, no 2º semestre do ano lectivo 2019/2020.
- É expressamente interdita a sua cópia, reprodução e difusão sem autorização expressa da autora, quaisquer que sejam os meios para tal utilizados, com a excepção do direito de citação definido na lei.
- As figuras aqui apresentadas, que não sejam originais da autora, são reproduzidas com autorização.

P4 extra

P4EXT.3

A proposta desta aula “prática extra”, em substituição da semana em que ocorreria a realização de um trabalho laboratorial, visa dois objectivos

- permitir a revisão e consolidação da matéria leccionada
- poder “experimental”, por simulação do funcionamento dos circuitos, e observar os resultados visualizando os sinais de tensão e corrente nos elementos do circuito

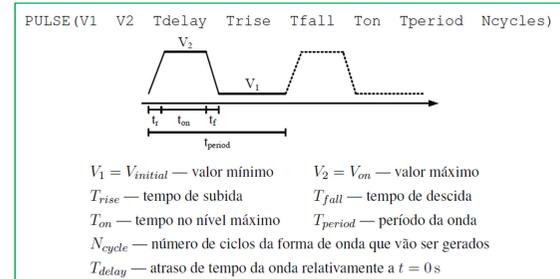
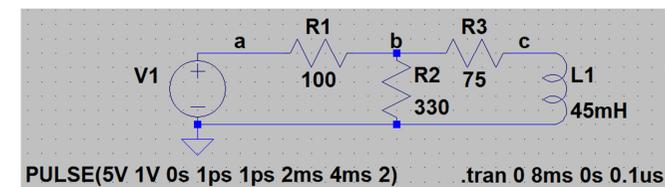
A realização dos exercícios aqui propostos

- é facultativa
- não é considerada na avaliação

Circuito RL

P4EXT.4

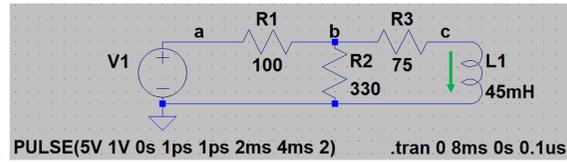
Significado dos parâmetros



tempo de simulação  
2 ciclos x 4ms = 8ms

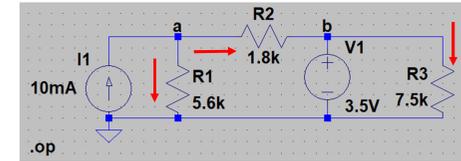
$$T_{period} = T_{rise} + T_{on} + T_{fall} + T_{on} \approx 2 \times T_{on} \quad , \quad T_{rise} = T_{fall} \ll T_{on}$$

Considere o circuito da figura



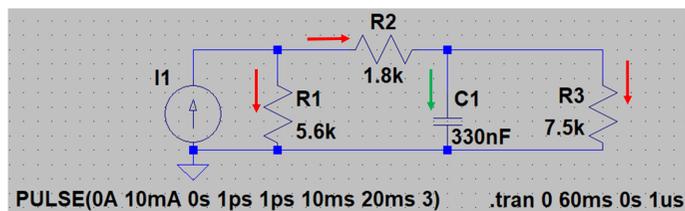
- admita  $v_1(t) = 5 - 4 u(t)$  V e calcule a corrente na bobine
- nas condições da alínea a) calcule  $v_b(t) = v_{R2}(t)$  e  $v_c(t) = v_{L1}(t)$
- admita agora uma nova transição em  $v_1(t)$  no instante  $t=2ms$ ,  $v_1(t) = 5 - 4 [u(t) - u(t - 2ms)]$  V, e calcule a corrente na bobine
- compare as suas respostas com os resultados obtidos por simulação (no intervalo 0s a 4ms) usando o ficheiro disponibilizado
- admita agora que a segunda transição ocorre no instante  $t=1ms$ ,  $v_1(t) = 5 - 4 [u(t) - u(t - 1ms)]$  V, e calcule a corrente na bobine
- compare com o resultado da simulação (modifique os parâmetros de  $v_1(t)$  e o tempo de simulação)
- modifique os parâmetros do circuito de diferentes formas e interprete os resultados da simulação (se necessário modifique o tempo de simulação) – Sugestão: faça uma alteração de cada vez para poder antever o resultado da alteração e depois confirmar nos resultados da simulação

Considere o circuito da figura



- calcule a corrente em cada uma das resistências utilizando a lei de Ohm e as leis de Kirchhoff
- diga se é verdadeira ou falsa a afirmação: a fonte  $V_1$  está a fornecer energia ao circuito
- apresente uma equação matricial simbólica correspondente à aplicação do método dos nós ao circuito, resolva-a e calcule  $V_a$  e  $V_b$
- calcule a corrente em  $R_1$  usando o teorema da sobreposição
- determine o circuito equivalente de Thévenin visto por  $V_1$
- determine o circuito equivalente de Thévenin visto por  $I_1$
- determine o circuito equivalente de Norton visto por  $R_2$
- verifique as suas soluções utilizando o simulador e modificando o circuito do ficheiro disponibilizado

Considere o circuito da figura



- considere  $i_1(t) = 10 u(t)$  mA e calcule a corrente no condensador
- nas condições da alínea a) calcule a corrente nas resistências
- compare as suas respostas com os resultados obtidos por simulação (intervalo 0s-10ms) usando o ficheiro disponibilizado
- faça a simulação com  $C_1=680$  nF e interprete os resultados
- faça a simulação com  $R_3=750$  Ohm e interprete os resultados
- modifique os parâmetros do circuito (incluindo  $i_1(t)$ ) de diferentes formas e interprete os resultados da simulação (se necessário modifique o tempo de simulação) – Sugestão: faça uma alteração de cada vez para poder antever o resultado da alteração e depois confirmar nos resultados da simulação

Circuito RL

$$\begin{aligned}
 (a) \quad i_{L1}(t) &= \begin{cases} i_{L1}(0^-) & , t < 0s \\ K_1 + K_2 e^{-\frac{t}{\tau}} & , t \geq 0s \end{cases} = \begin{cases} 25.29 \text{mA} & , t < 0s \\ 5.06 + 20.23 e^{-\frac{t}{296.6 \times 10^{-6}}} \text{mA} & , t \geq 0s \end{cases} \\
 (b) \quad v_c(t) = v_{L1}(t) &= L_1 \frac{di_{L1}(t)}{dt} = \begin{cases} 0V & , t < 0s \\ -3.07 e^{-\frac{t}{296.6 \times 10^{-6}}} V & , t > 0s \end{cases} \\
 v_b(t) = R_3 i_{L1}(t) + v_c(t) &= \begin{cases} 1.9V & , t < 0s \\ 0.38 - 1.55 e^{-\frac{t}{296.6 \times 10^{-6}}} V & , t > 0s \end{cases} \\
 (c) \quad i_{L1}(t) &= \begin{cases} i_{L1}(0^-) & , t < 0s \\ K_1 + K_2 e^{-\frac{t}{\tau}} & , 0s \leq t < t_2 \\ K_3 + K_4 e^{-\frac{t-t_2}{\tau}} & , t \geq t_2 \end{cases} = \begin{cases} 25.29 \text{mA} & , t < 0s \\ 5.06 + 20.23 e^{-\frac{t}{296.6 \times 10^{-6}}} \text{mA} & , 0s \leq t < 2ms \\ 25.29 - 20.21 e^{-\frac{t-2 \times 10^{-3}}{296.6 \times 10^{-6}}} \text{mA} & , t \geq 2ms \end{cases} \\
 (e) \quad i_{L1}(t) &= \begin{cases} i_{L1}(0^-) & , t < 0s \\ K_1 + K_2 e^{-\frac{t}{\tau}} & , 0s \leq t < t_1 \\ K_5 + K_6 e^{-\frac{t-t_1}{\tau}} & , t \geq t_1 \end{cases} = \begin{cases} 25.29 \text{mA} & , t < 0s \\ 5.06 + 20.23 e^{-\frac{t}{296.6 \times 10^{-6}}} \text{mA} & , 0s \leq t < 1ms \\ 25.29 - 19.54 e^{-\frac{t-10^{-3}}{296.6 \times 10^{-6}}} \text{mA} & , t \geq 1ms \end{cases}
 \end{aligned}$$

### ▪ Circuito com fonte de tensão (RC modificado)

$$(a) \quad I_{R3} = \frac{V_1}{R_3} = \frac{7}{15} \text{mA} = 466.7 \mu\text{A} \quad \begin{cases} I_1 = I_{R1} + I_{R2} \\ R_2 I_{R2} + V_1 - R_1 I_{R1} = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} I_{R1} = 2.905 \text{mA} \\ I_{R2} = 7.095 \text{mA} \end{cases}$$

$$(b) \quad P_{V1} = V_1(I_{R2} - I_{R3}) = 23.2 \text{mW} \Rightarrow \text{recebe energia}$$

$$(c) \quad \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ \frac{1}{R_1} & \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_a \\ V_b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_1 \\ I_1 \end{bmatrix} \Leftrightarrow \begin{bmatrix} V_a \\ V_b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 16.27 \text{V} \\ 3.5 \text{V} \end{bmatrix}$$

$$(d) \quad I_{R1} = (2.432) + (0.473) = 2.905 \text{mA}$$

$$(e) \quad V_{Th} = V_{OC} = V_{bc} = 28.19 \text{V} \quad R_{Th} = 3.72 \text{k}\Omega$$

$$(f) \quad V_{Th} = V_{OC} = V_{ac} = 2.65 \text{V} \quad R_{Th} = 1.36 \text{k}\Omega$$

$$(g) \quad I_N = I_{SC} = I_{ab} = 9.375 \text{mA} \quad R_{Th} = 5.6 \text{k}\Omega$$

### ▪ Circuito RC

$$(a) \quad v_{C1}(t) = \begin{cases} 0 \text{V} & , t < 0 \text{s} \\ 28.19 \left( 1 - e^{-\frac{t}{1.23 \times 10^{-3}}} \right) \text{V} & , t \geq 0 \text{s} \end{cases} \quad i_{C1}(t) = \begin{cases} 0 \text{A} & , t < 0 \text{s} \\ 7.57 e^{-\frac{t}{1.23 \times 10^{-3}}} \text{mA} & , t > 0 \text{s} \end{cases}$$

$$(b) \quad i_{R3}(t) = \frac{v_{C1}(t)}{R_3} = \begin{cases} 0 \text{A} & , t < 0 \text{s} \\ 3.76 \left( 1 - e^{-\frac{t}{1.23 \times 10^{-3}}} \right) \text{mA} & , t \geq 0 \text{s} \end{cases} \quad i_{R2}(t) = i_{C1}(t) + i_{R3}(t) = \begin{cases} 0 \text{A} & , t < 0 \text{s} \\ 3.76 + 3.81 e^{-\frac{t}{1.23 \times 10^{-3}}} \text{mA} & , t > 0 \text{s} \end{cases}$$

$$i_{R1}(t) = i_1(t) - i_{R2}(t) = \begin{cases} 0 \text{A} & , t < 0 \text{s} \\ 6.24 - 3.81 e^{-\frac{t}{1.23 \times 10^{-3}}} \text{mA} & , t > 0 \text{s} \end{cases}$$