



EEL7045 – CIRCUITOS ELÉTRICOS A ROTEIRO PARA AULA DE LABORATÓRIO

ANÁLISE DE CIRCUITOS DE PRIMEIRA ORDEM

A – ANÁLISE DE CIRCUITO RC

1. INTRODUÇÃO

Tipicamente, um capacitor é constituído por duas placas condutoras separadas por um material isolante. O comportamento do capacitor se baseia em fenômenos associados ao campo elétrico produzido pela separação de cargas elétricas, ou seja, à tensão. A conexão série entre um capacitor e um resistor origina um sistema de primeira ordem, cuja evolução das tensões e correntes se estabelece exponencialmente. No presente ensaio objetiva-se obter as curvas que caracterizam o comportamento do circuito RC, bem como medir a constante de tempo do circuito experimentalmente e diferenciar os conceitos de regime permanente e regime transitório.

2. EQUACIONAMENTO DO CIRCUITO RC

Sabendo-se que a carga armazenada em um capacitor é proporcional à diferença de potencial ($q = Cv$) e que por definição $i = dq / dt$, a relação tensão corrente em um capacitor passa a ser definida por:

$$i_c = C \frac{dv_c}{dt}$$

Nessa equação, i_c [A] representa a corrente que atravessa o capacitor, v_c [V] a tensão aplicada a seus terminais, C [F] a capacitância e t [s], o tempo.

Para avaliar o comportamento de um circuito RC, aplica-se um degrau de tensão $Eu(t)$ em sua entrada, conforme ilustra a Figura 1. Logo, para a condição inicial $v_c(0) = 0$ V, escreve-se:

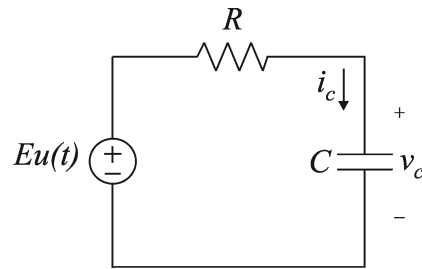


Figura 1: Degrau aplicado no circuito RC.

$$\frac{dv_c(t)}{dt} + \frac{v_c(t)}{RC} = \frac{E}{RC}, \quad \text{para } t > 0$$

$$v_c(t) = E \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right), \quad \text{para } t > 0$$

$$i(t) = \frac{E}{R} e^{-\frac{t}{\tau}}, \quad \text{para } t > 0$$

$$\tau = RC$$

3. PARTE EXPERIMENTAL

Passo 1: monte o circuito apresentado na Figura 2.

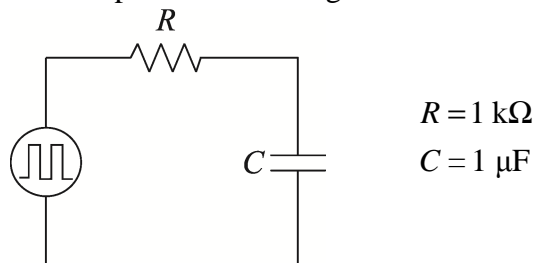


Figura 2: Circuito RC a ser experimentado.

Passo 2: selecione a onda quadrada no gerador de sinal e, com o auxílio do osciloscópio digital, ajuste a amplitude E para 5 V, aplicando *offset* de forma que o nível baixo da onda quadrada esteja em 0 V, conforme a Figura 3.

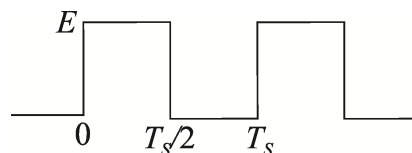


Figura 3: Forma de onda a ser aplicada na entrada do circuito.

Passo 3: ajuste a frequência f_s do gerador, a partir em 1 kHz, tal que o capacitor tenha alcançado regime permanente em $T_s/2$, para logo após iniciar o processo de descarga.



Verifique se o resultado encontrado coincide com o apresentado na Figura 3. Meça T_S e anote as escalas utilizadas.

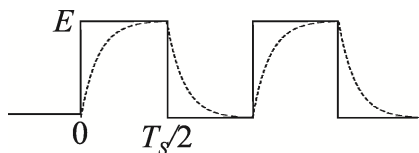


Figura 4: Ajuste da tensão do capacitor.

Passo 4: determine o valor da constante de tempo experimentalmente. Utilize o recurso “cursor” do osciloscópio para essa finalidade. Para minimizar o erro de leitura utilize a maior área possível da tela do osciloscópio.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

- Meça o valor de R com o ohmímetro digital e determine C (medida indireta). Compare os valores medidos de τ , R e C com seus respectivos valores nominais;
- Comente a relação entre o tempo para que o sistema entre em regime permanente e a constante de tempo τ ;
- Apresente as formas de onda da tensão aplicada ao capacitor e da corrente que o atravessa. Use a queda de tensão sobre o resistor como imagem da corrente no circuito;
- Salve as formas de onda e as inclua no relatório.



FOLHA DE DADOS (ALUNO)

Aula: _____ Data: ____/____/____

Nome: _____ Assinatura: _____

Nome: _____ Assinatura: _____

Tabela 1 – Circuito de primeira ordem RC.

R (nominal)	C (nominal)	τ (calculado)	τ (medido)	R (medido)	C (calculado)	Tempo para entrar em RP

É importante sempre anotar a escala e o erro associado a cada medida.



FOLHA DE DADOS (PROFESSOR)

Aula: _____ Data: ____/____/____

Nome: _____ Assinatura: _____

Nome: _____ Assinatura: _____

Tabela 2 – Circuito de primeira ordem RC.

R (nominal)	C (nominal)	τ (calculado)	τ (medido)	R (medido)	C (calculado)	Tempo para entrar em RP

É importante sempre anotar a escala e o erro associado a cada medida.



B – ANÁLISE DE CIRCUITO RL

1. INTRODUÇÃO

O indutor é um elemento capaz de armazenar energia no campo magnético que o circunda. Basicamente, é um fio condutor enrolado na forma de espiras que se opõe a variações instantâneas da corrente que o atravessa, a fim de manter seu campo magnético constante. A conexão série entre um indutor e um resistor origina um sistema de primeira ordem, cuja evolução das tensões e correntes se estabelece exponencialmente. No presente ensaio objetiva-se obter as curvas que caracterizam o comportamento do circuito RL, bem como medir a constante de tempo do circuito experimentalmente e diferenciar os conceitos de regime permanente e regime transitório.

5. Equacionamento do Circuito RL

Sabendo-se que o fluxo magnético ϕ [Wb] oriundo de um indutor percorrido por uma corrente i [A] é proporcional à indutância L [H] e inversamente proporcional ao número de espiras N $\left(\phi = \frac{Li}{N}\right)$ e que a tensão v_L [V] induzida em um indutor dada por $v_L = N \frac{d\phi}{dt}$, encontra-se:

$$v_L = L \frac{di_L}{dt}$$

Para avaliar o comportamento de um circuito RL, aplica-se um degrau de tensão $Eu(t)$ em sua entrada, conforme ilustra a Figura 1. Logo, para a condição inicial $i_L(0) = 0$ A, escreve-se:

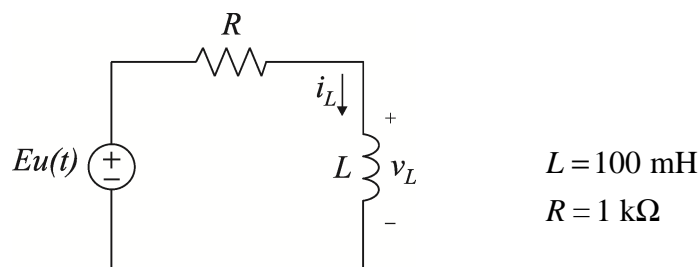


Figura 5: Degrau aplicado no circuito RL.



$$\frac{di_L}{dt} + \frac{R}{L}i_L = \frac{E}{L}, \quad \text{para } t > 0$$

$$i_L = \frac{E}{R}(1 - e^{-t/\tau}), \quad \text{para } t > 0$$

$$v_L = Ee^{-t/\tau}, \quad \text{para } t > 0$$

$$\tau = \frac{L}{R}$$

2. PARTE EXPERIMENTAL

PASSO1: MONTE O CIRCUITO APRESENTADO NA FIGURA 6.

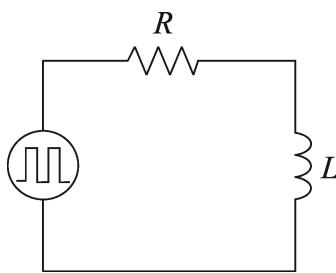


Figura 6: Circuito proposto para realização do ensaio.

Passo2: selecione a onda quadrada no gerador de sinal e, com o auxílio do osciloscópio digital, ajuste a amplitude E para 5 V, aplicando *offset* de forma que o nível baixo da onda quadrada esteja em 0 V, conforme a Figura 3.

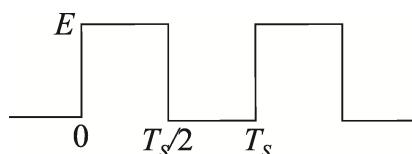


Figura 7: Forma de onda a ser aplicada na entrada do circuito.

PASSO 3: AJUSTE A FREQUÊNCIA F_s DO GERADOR DE TAL MODO QUE A TENSÃO SOBRE O INDUTOR SE ANULE EXATAMENTE EM $T/2$, CONFORME ILUSTRA A FIGURA 4.

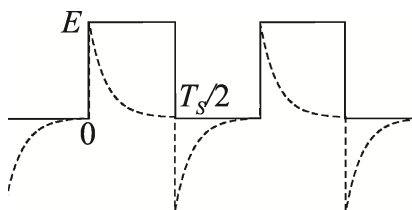


Figura 8: Ajuste da tensão do indutor.



Passo 4: determine o valor da constante de tempo experimentalmente. Utilize o recurso “cursor” do osciloscópio para essa finalidade. Para minimizar o erro de leitura utilize a maior área possível da tela do osciloscópio.

3. ANÁLISE DOS RESULTADOS

- Meça o valor de R com o ohmímetro digital e determine L (medida indireta). Compare os valores medidos de τ , R e C com seus respectivos valores nominais;
- Comente a relação entre o tempo para que o sistema entre em regime permanente e a constante de tempo τ ;
- Apresente as formas de onda da tensão aplicada ao indutor e da corrente que o atravessa. Use a queda de tensão sobre o resistor como imagem da corrente no circuito;
- Salve as formas de onda e as inclua no relatório.



4. FOLHA DE DADOS (ALUNO)

Aula: _____ Data: ____/____/____

Nome: _____ Assinatura: _____

Nome: _____ Assinatura: _____

Tabela 3 – Circuito de primeira ordem RL.

R (nominal)	L (nominal)	τ (calculado)	τ (medido)	R (medido)	L (calculado)	Tempo para entrar em RP



5. FOLHA DE DADOS (PROFESSOR)

Aula: _____ Data: ____/____/____

Nome: _____ Assinatura: _____

Nome: _____ Assinatura: _____

Tabela 4 – Circuito de primeira ordem RL.

R (nominal)	L (nominal)	τ (calculado)	τ (medido)	R (medido)	L (calculado)	Tempo para entrar em RP