Circuitos RC e RL

José Humberto de Araújo[1]

[1]DFTE-UFRN

31 de março de 2022

Sumário

- O capacitor é um componente dotado de um material dielétrico capaz de acumular cargas elétricas.

- O capacitor é um componente dotado de um material dielétrico capaz de acumular cargas elétricas.
- As propriedades dinâmicas dos capacitores estão associadas com a dependência temporal no processo de carga e descarga do capacitor.

- Por definição a capacitância é igual a carga acumulada dividida pela tensão de polarização

$$C = \frac{q}{V} \tag{1}$$

- Por definição a capacitância é igual a carga acumulada dividida pela tensão de polarização

$$C = \frac{q}{V} \tag{1}$$

- Assim, podemos facilmente mostrar que a corrente no capacitor pode ser escrita na forma

$$I = C\frac{dV}{dt}. \tag{2}$$

- Por definição a capacitância é igual a carga acumulada dividida pela tensão de polarização

$$C = \frac{q}{V} \tag{1}$$

- Assim, podemos facilmente mostrar que a corrente no capacitor pode ser escrita na forma

$$I = C\frac{dV}{dt}. \tag{2}$$

- Considere que um capacitor está sendo carregado por uma fonte DC com tensão V_i através de um resistor R conforme a figura 1, onde V é a diferença de potencial entre os terminais do capacitor.

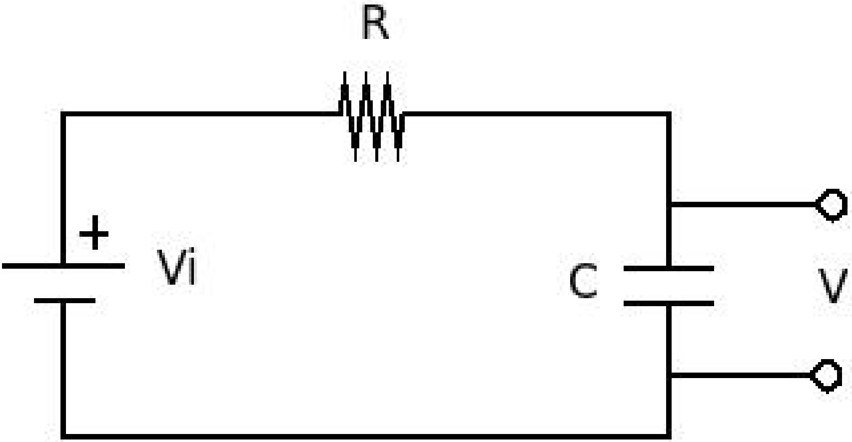

Figura 1: Circuito RC no processo de carga

Carga do capacitor

- A corrente no capacitor será dada pela equação (1) e no resistor será

$$I = \frac{V_R}{R} \tag{3}$$

e pela lei da malhas, V_i - V_R - V = 0 e como a corrente deve ser a mesma na malha, então,

$$C\frac{dV}{dt} = \frac{V_i - V}{R} \tag{4}$$

Carga do capacitor

- A corrente no capacitor será dada pela equação (1) e no resistor será

$$I = \frac{V_R}{R} \tag{3}$$

e pela lei da malhas, V_i - V_R - V = 0 e como a corrente deve ser a mesma na malha, então,

$$C\frac{dV}{dt} = \frac{V_i - V}{R} \tag{4}$$

- Asssim, reagrupando os termos semelhantes e integrando em ambos os lados

$$\int \frac{dV}{V - V_i} = \frac{-1}{RC}\int dt \rightarrow ln(V - V_i) + C = \frac{-t}{RC}$$
$$\rightarrow V = V_i + Ae^{-t/RC}. \tag{5}$$

Onde A é uma constante a ser determinada pelas condições iniciais.

Condições iniciais: em t=0, V=0, assim A=-V_i. Portanto,

$$V = V_i(1 - e^{-t/RC}). \quad (6)$$

A figura 2 mostra o gráfico da tensão V em função do tempo.

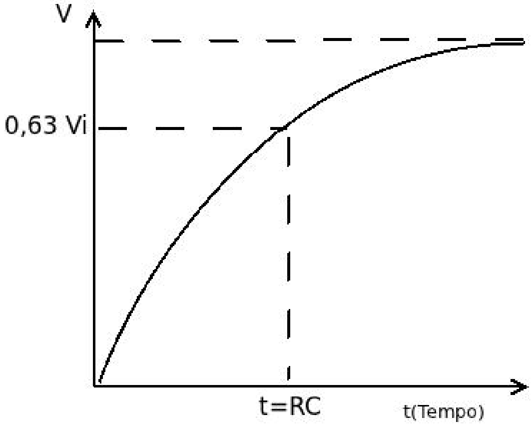

Figura 2: Tensão em função do tempo para um circuito RC no processo de carga

Descarga do capacitor

No processo de descarga o capacitor já deve está carregado e em série com o resistor da forma mostrada na figura 3.

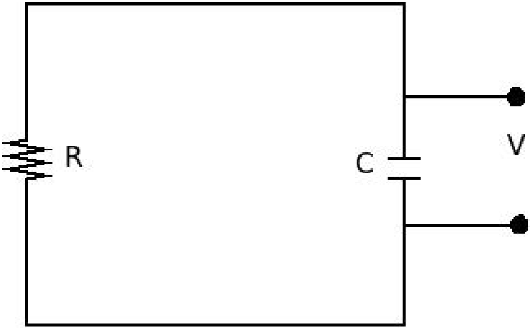

Figura 3: Circuito RC no processo de descarga

Descarga do capacitor

- De forma análoga, igualando a corrente no capacitor e resistor e agrupando os termos semelhantes teremos

$$\frac{dV}{V} = \frac{-dt}{RC}. \tag{7}$$

Descarga do capacitor

- De forma análoga, igualando a corrente no capacitor e resistor e agrupando os termos semelhantes teremos

$$\frac{dV}{V} = \frac{-dt}{RC}. \tag{7}$$

- Novamente integrando em ambos os lados, obtemos

$$V = V_i e^{-t/RC} \tag{8}$$

- De forma análoga, igualando a corrente no capacitor e resistor e agrupando os termos semelhantes teremos

$$\frac{dV}{V} = \frac{-dt}{RC}. \tag{7}$$

- Novamente integrando em ambos os lados, obtemos

$$V = V_i e^{-t/RC} \tag{8}$$

- O gráfico da tensão V versus o tempo t é mostrado na figura 4.

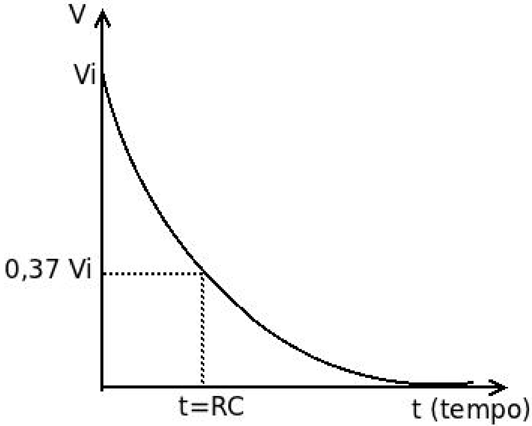

Figura 4: Tensão em função do tempo para um circuito RC no processo de descarga.

Neste caso, em t=RC, a tensão no capacitor será 0,37V_i i.é., a tensão no capacitor caiu de 63% do seu valor inicial.

Se a tensão de entrada V_i é um sinal AC do tipo onda quadrada com período T da forma mostrada na figura 5, então, de t=0 a t=T/2, o capacitor estará carregando, e de t=T/2 a T, estará descarregando. Na figura 5 podemos ver o diagrama do circuito RC e a forma quadrada do sinal de entrada como simulado pelo software Crcuit Maker 2000. Uma versão para estudante grátis pode ser obtida do endereço: $http://my.ece.ucsb.edu/bobsclass/2C/Simulation/circuit\_maker.htm$.

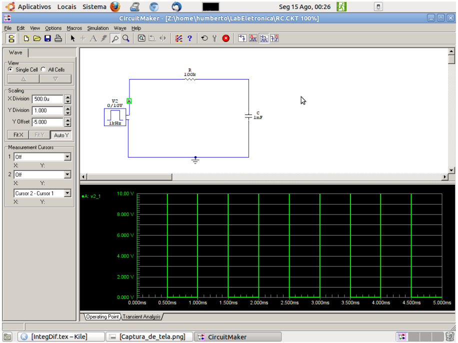

Figura 5: Simulação com Circuit Maker de um sinal AC tipo onda quadrada num circuito RC.

No período seguinte o mesmo ocorrerá e assim sucessivamente, de modo que, a tensão de saida no capacitor será uma sequência de curvas de carga (figura 2) e descarga (figura 4). Obviamente, a forma deste sinal será fortemente influenciada pela relação entre o período T do sinal de entrada e o tempo de relaxação RC do circuito. Por exemplo, para T=10RC, o capacitor se carregará, no intervalo $0 < t < T/2$, quase totalmente e a tensão de saida se aproxima muito da saturação. Como o capacitor foi quase totalmente carregado, sua descarga no intervalo $T/2 < t < T$ será quase completa. Portanto, o sinal de saida seria da forma mostrada na figura 6.

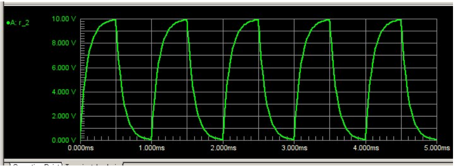

Figura 6: Sinal de saida no capacitor para T=10RC.

O Indutor

- Um indutor é um componente elétrico que armazena energia na forma de campo magnético, normalmente combinando o efeito de vários loops da corrente elétrica.

O Indutor

- Um indutor é um componente elétrico que armazena energia na forma de campo magnético, normalmente combinando o efeito de vários loops da corrente elétrica.
- Sua unidade de medida é a indutância definida por

$$L = \frac{\phi}{I} \tag{9}$$

onde L é um valor que depende das características físicas do indutor e do meio em questão e I é a corrente elétrica. Sua unidade no SI é o Henry (H) e seus submultiplos em potência de 10 como o mH e o μH.

O Indutor

- Um indutor é um componente elétrico que armazena energia na forma de campo magnético, normalmente combinando o efeito de vários loops da corrente elétrica.
- Sua unidade de medida é a indutância definida por

$$L = \frac{\phi}{I} \tag{9}$$

  onde L é um valor que depende das características físicas do indutor e do meio em questão e I é a corrente elétrica. Sua unidade no SI é o Henry (H) e seus submultiplos em potência de 10 como o mH e o μH.
- Usando a lei de Faraday podemos mostrar que:

$$V = L\frac{dI}{dt} \tag{10}$$

  Onde: V é a tensão no indutor e I é a corrente que passa pelo mesmo.

Circuito RL

Vamos então analisar o que acontece em um circuito LR sendo alimentado por uma fonte de tensão contínua de valor E.

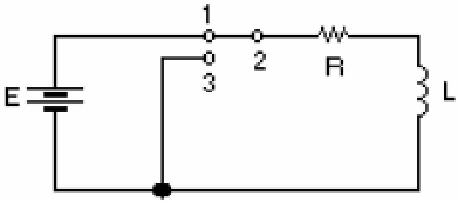

Figura 7: Circuito RL

Circuito RL

- Aplicando a Lei das Malhas temos:

$$E - RI - L\frac{dI}{dt} = 0 \tag{11}$$

Onde, V é a tensão no indutor e I é a corrente que passa pelo mesmo.

- Aplicando a Lei das Malhas temos:

$$E - RI - L\frac{dI}{dt} = 0 \tag{11}$$

Onde, V é a tensão no indutor e I é a corrente que passa pelo mesmo.

- Esta é uma equação diferencial ordinária cuja solução nos fornecerá,

$$I(t) = \frac{E}{R}(1 - e^{\frac{-t}{L/R}}) \tag{12}$$

Circuito RL

- Após um tempo muito longo se mudarmos a chave inversora da posição 1 para a 3, retiramos a fonte do circuito. O indutor então não permitirá a mudança brusca na corrente iniciando então um processo de "descarga"do indutor.

Circuito RL

- Após um tempo muito longo se mudarmos a chave inversora da posição 1 para a 3, retiramos a fonte do circuito. O indutor então não permitirá a mudança brusca na corrente iniciando então um processo de "descarga"do indutor.
- Na realidade no período de "carga", o indutor armazena energia no seu campo magnético e depois devolve essa energia para o circuito na "descarga"fazendo assim com que não haja mudança brusca na corrente.

- Após um tempo muito longo se mudarmos a chave inversora da posição 1 para a 3, retiramos a fonte do circuito. O indutor então não permitirá a mudança brusca na corrente iniciando então um processo de "descarga"do indutor.
- Na realidade no período de "carga", o indutor armazena energia no seu campo magnético e depois devolve essa energia para o circuito na "descarga"fazendo assim com que não haja mudança brusca na corrente.
- Tomando novamente a equação de malha do circuito

$$RI + L\frac{dI}{dt} = 0 \tag{13}$$

Resolvendo para I:

$$I(t) = \frac{E}{R}e^{\frac{-t}{L/R}} \tag{14}$$