

# E202 – Circuitos Elétricos II

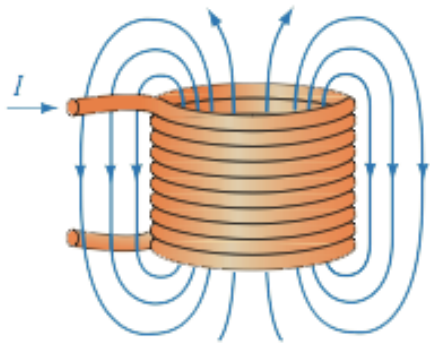
## Aula 4 – Componentes RL

Prof. Luciano Leonel Mendes

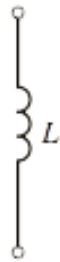
PED Pedro Henrique de Souza

# Indutores - Definições

- Indutores são elementos que armazenam energia na forma de campo magnético.
- Um indutor é formado por um fio condutor arranjado em espiras.



Indutor básico



Símbolo do indutor ideal

A corrente entrando no terminal superior da bobina resulta em um campo magnético que circula de cima para baixo.

A variação do fluxo magnético resulta em uma tensão nos terminais da bobina.

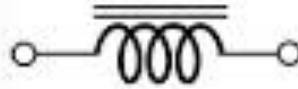
- A variação da corrente que passa pelo indutor resulta em tensão induzida em seus terminais.

# Indutores - Definições

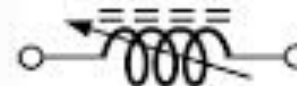
- Simbologias:



Núcleo de Ar

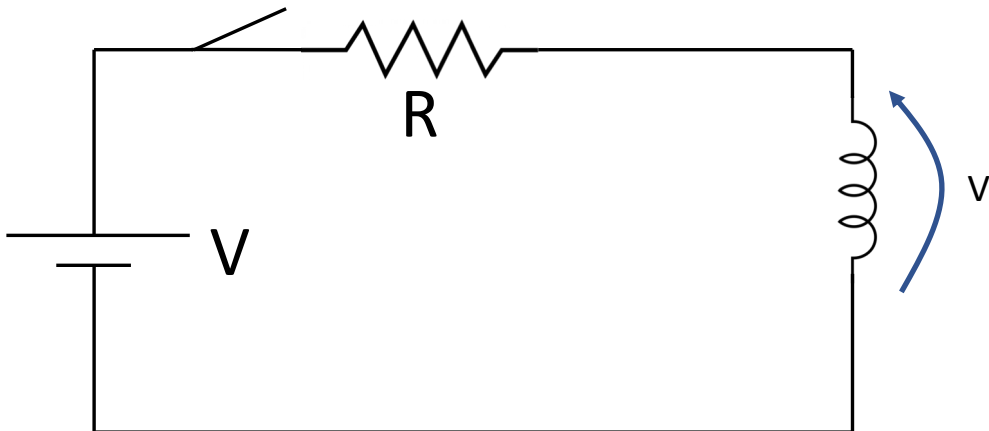


Núcleo de Ferro



Variável

- A variação da corrente no indutor causa o aparecimento de uma tensão nos seus terminais. A tendência de variação abrupta da corrente resulta no surgimento da maior tensão possível.



[Acesso o circuito aqui](#)

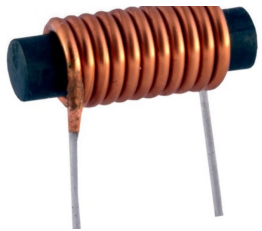
t	$V_L$	$I_L$
$0^+$	V	0
$\infty$	0	$V/R$

O indutor se comporta como um aberto quando está descarregado e como um curto quando está carregado.

Os indutores não permitem que a corrente varie abruptamente de um instante para o outro.

# Indutores - Definições

- Indutância, medida em Henry [H], é a capacidade do indutor de armazenar energia.



$$L = \mu \frac{AN^2}{l}$$

Área da bobina [m<sup>2</sup>] →  $A$

Número de voltas →  $N^2$

Comprimento da bobina [m] →  $l$

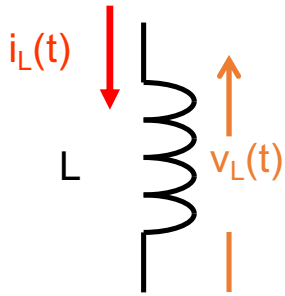
Permeabilidade do núcleo [H/m] →  $\mu$

$$A = \pi r^2$$

- Exercício: um indutor é formado uma bobina com 2 cm de comprimento, raio de 0,7cm e com 20 voltas em torno de um núcleo de ferrita com permeabilidade de 1nH/m. Calcule a indutância deste componente.

# Indutores – Relação entre tensão e corrente

- A variação da corrente aplicada nos terminais de um indutor resulta em uma tensão em seus terminais



$$v_L(t) = L \frac{di_L(t)}{dt}$$

$$i_L(t) = \frac{1}{L} \int v_L(t) dt$$

- Essa equação diferencial permite encontrar a tensão no indutor quando o mesmo é submetido a uma corrente que varia ao longo do tempo.
- Se a corrente não varia no tempo, a tensão no indutor é nula.

# Indutores – Carga de indutores

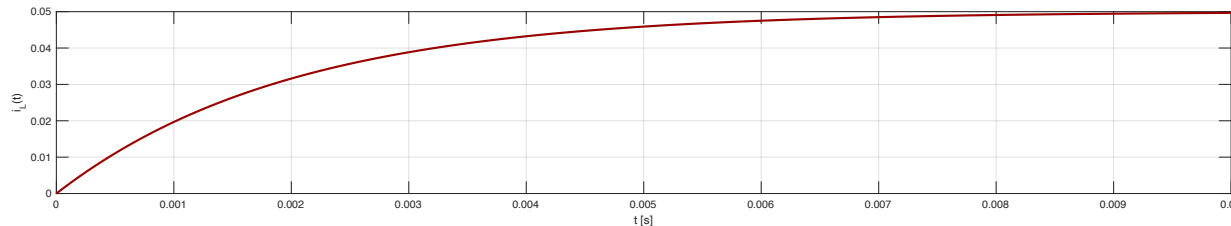
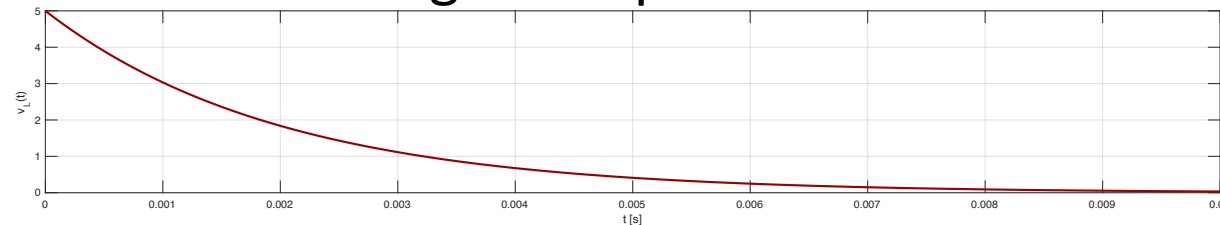
- A resposta ao degrau de um circuito RL série é:

[Acesse o circuito aqui!](#)

$$i_L(t) = \frac{V}{R} \left(1 - e^{-\frac{R}{L}t}\right)$$

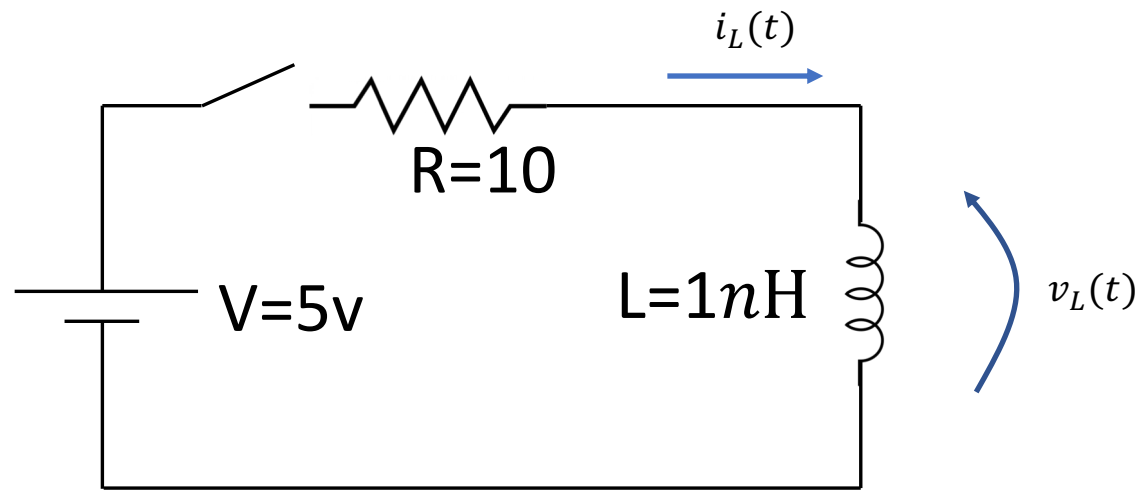
$$v_L(t) = V e^{-\frac{R}{L}t}$$

- Constante de tempo:  $\tau = L/R$  - tempo necessário para que o indutor atinja 63,21% da corrente da fonte.
- O indutor está plenamente carregado depois de  $5\tau$  s.



# Indutores – Carga de indutores

- Exemplo: encontre a corrente e a tensão no indutor do circuito abaixo, sabendo que a chave é fechada no instante  $t = 0s$  e que o indutor está inicialmente descarregado.



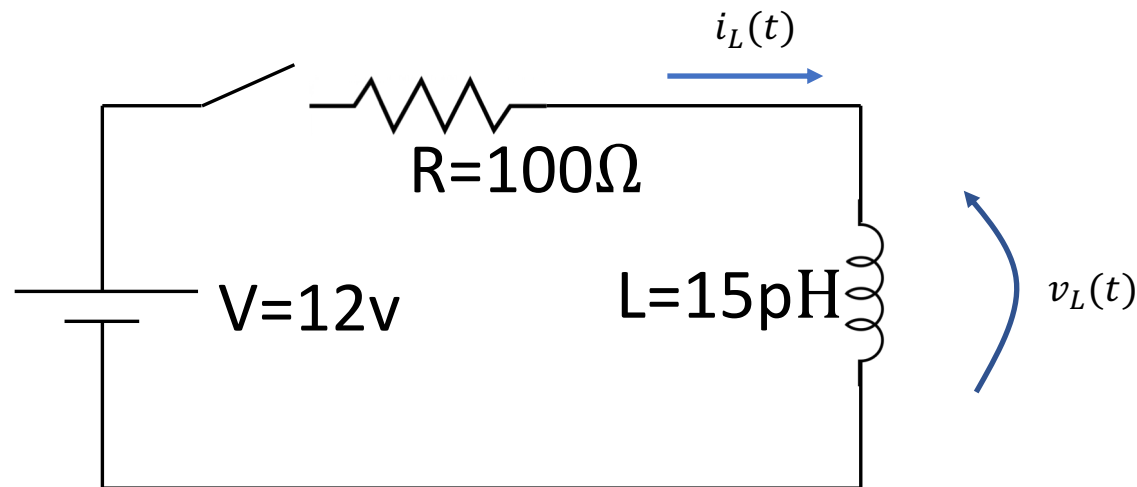
- Exemplo: Quanto tempo é necessário para que o indutor esteja totalmente carregado?

# Indutores – Carga de indutores

Exemplo: trace os gráficos da tensão e da corrente no indutor do circuito abaixo após o fechamento da chave.

Qual é o valor da tensão armazenada no capacitor depois de decorridos uma constante de tempo? E da corrente?

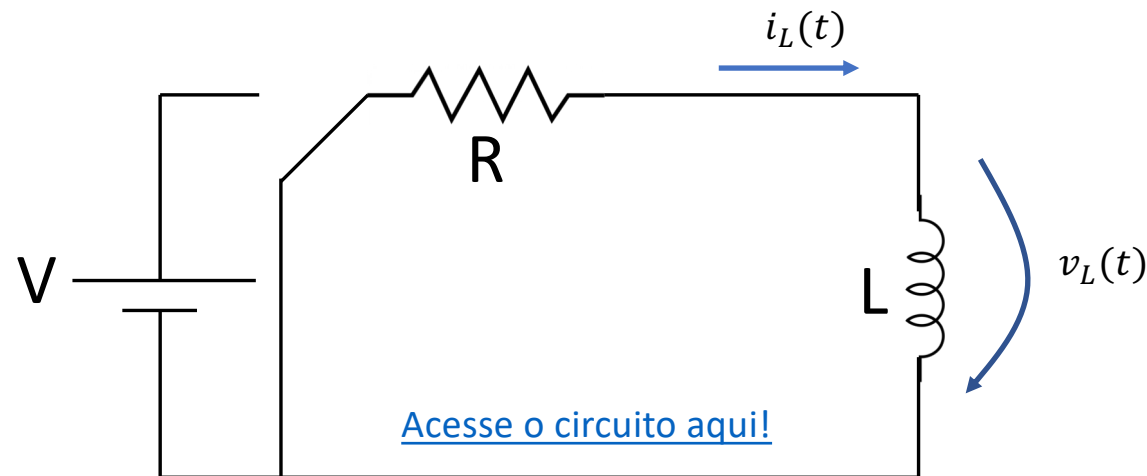
Qual é o tempo necessário para que o indutor esteja carregado? Qual seria a tensão e correntes aproximadas neste instante de tempo?





# Indutores – Descarga de indutores

- Considere que o indutor está totalmente carregado. Imagine agora que a fonte de tensão passe para 0v, ou seja, que ela vire um curto circuito.



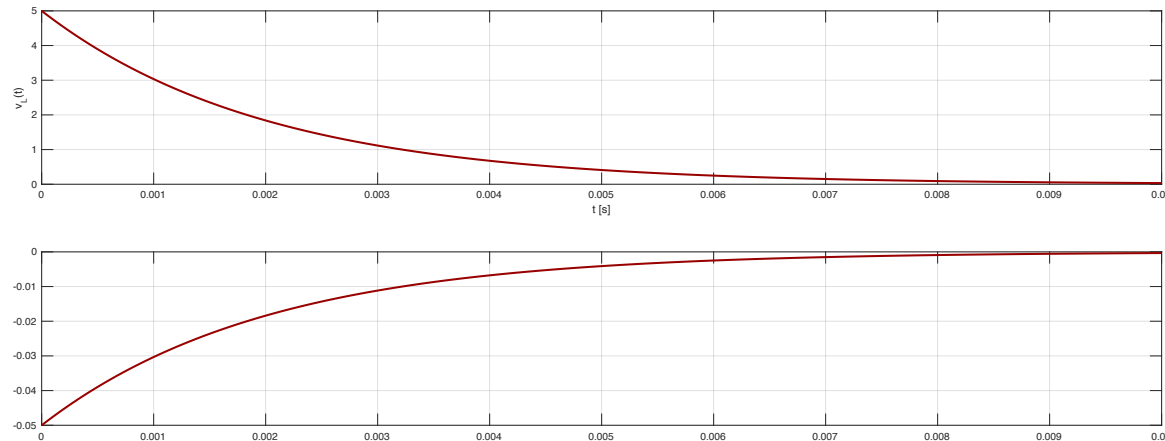
- O indutor não permite que a corrente mude drasticamente. Então a tensão nos terminais do indutor precisa inverter para manter a corrente no mesmo sentido.
- A medida que o campo magnético no indutor diminui, a corrente e a tensão em seus terminais tende a zero.

# Indutores – Descarga de indutores

- A tensão e corrente de descarga do indutor são dadas por:

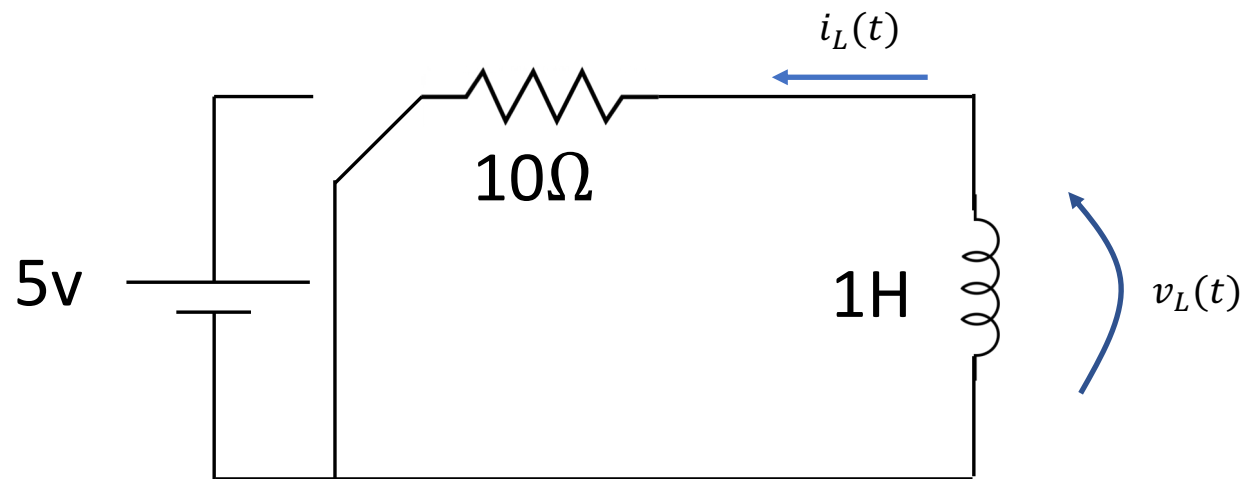
$$i_L(t) = \frac{V}{R} e^{-\frac{R}{L}t} \qquad v_L(t) = -V e^{-\frac{R}{L}t}$$

- Constante de tempo:  $\tau = L/R$  - tempo necessário para que o indutor descarregue até 36,79% da corrente inicial.
- O indutor está plenamente descarregado depois de  $5\tau$  s.



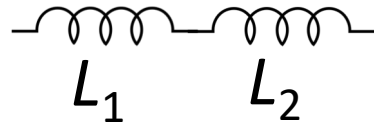
# Indutores – Descarga de indutores

- Exemplo: Encontre a tensão e a corrente de descarga do capacitor, assumindo que a chave mudou de posição depois que o capacitor estava totalmente carregado.



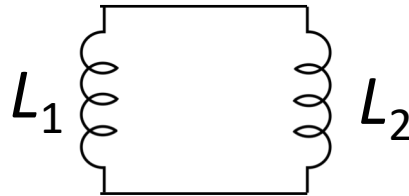
# Indutores – Associação de indutores

- Indutores em série



$$L_{eq} = L_1 + L_2 [H]$$

- Indutores em paralelo



$$L_{eq} = \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2} [H]$$