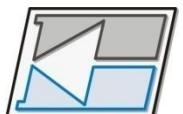
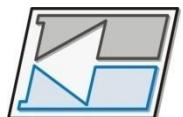
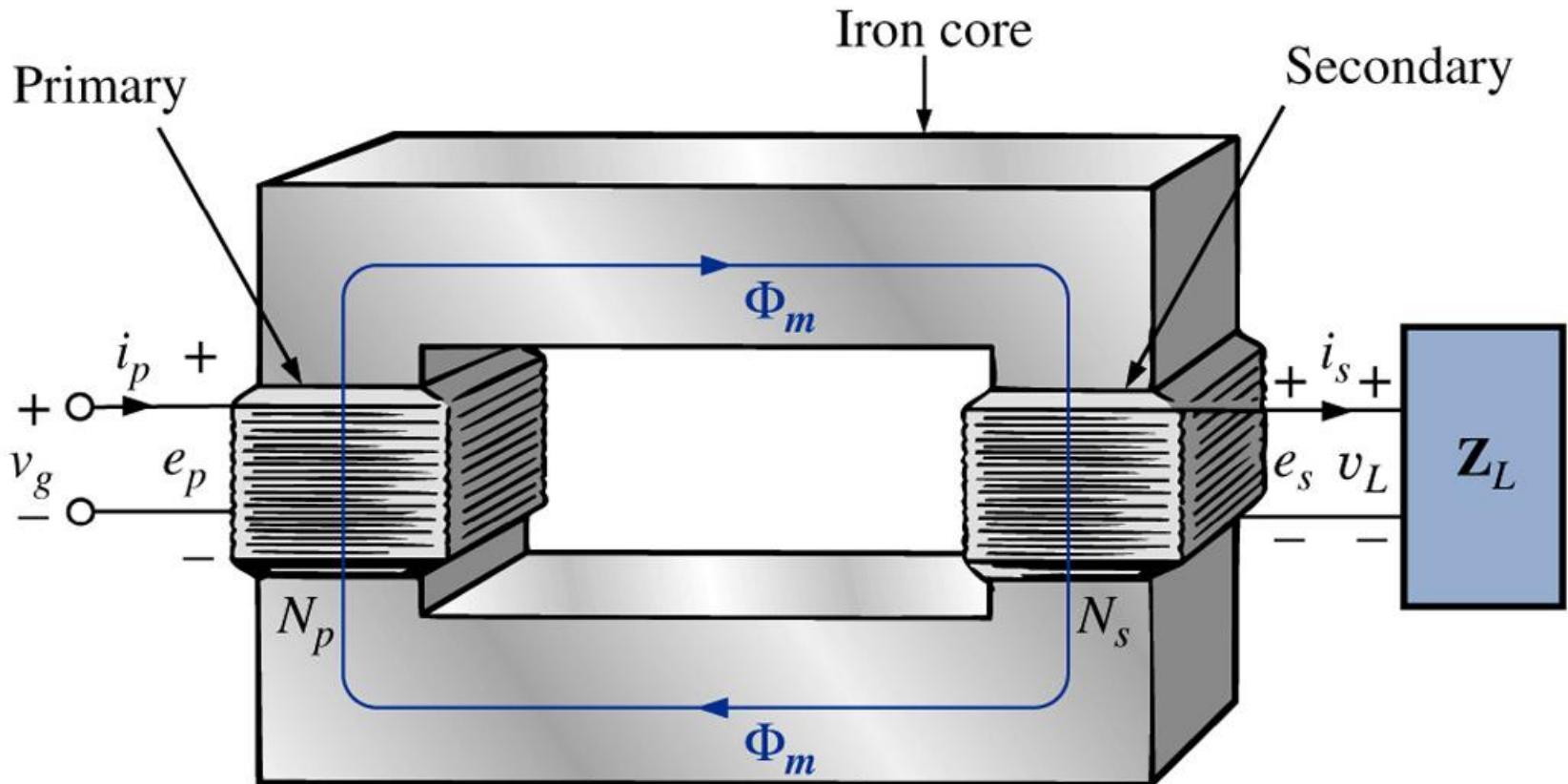


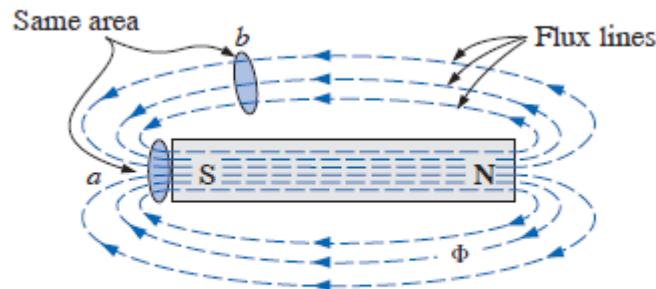
# Transformadores



# Transformador

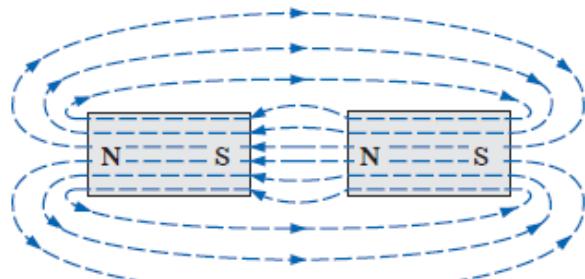


# Campo Magnético em um Imã



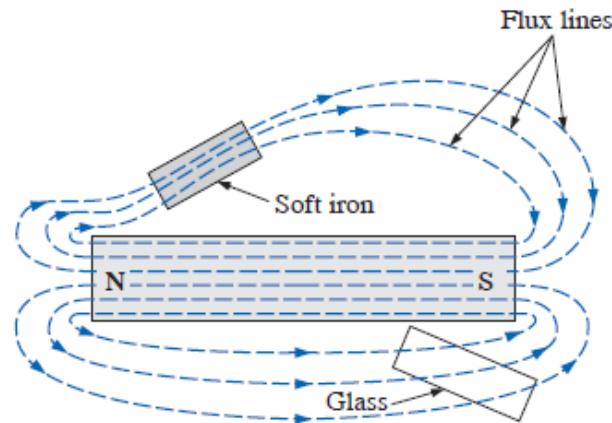
**FIG. 11.1**

*Flux distribution for a permanent magnet.*



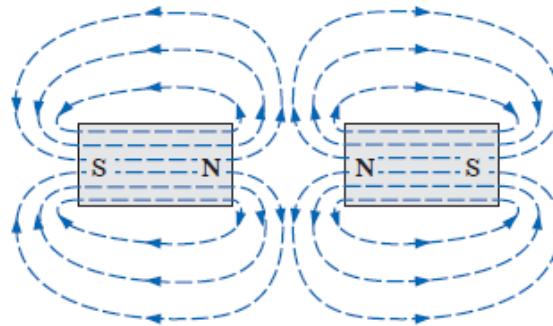
**FIG. 11.2**

*Flux distribution for two adjacent, opposite poles.*



**FIG. 11.4**

*Effect of a ferromagnetic sample on the flux distribution of a permanent magnet.*



**FIG. 11.3**

*Flux distribution for two adjacent, like poles.*

# Campo magnético em um condutor elétrico

## Lei de Oersted

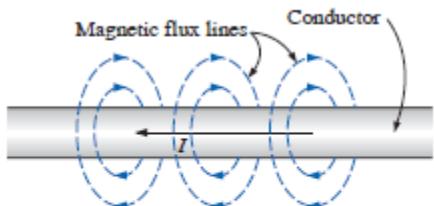


FIG. 11.6

Magnetic flux lines around a current-carrying conductor.

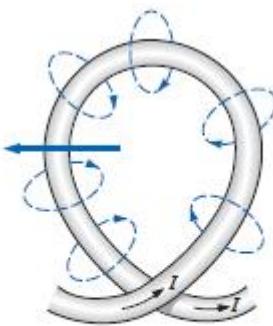


FIG. 11.7

Flux distribution of a single-turn coil.

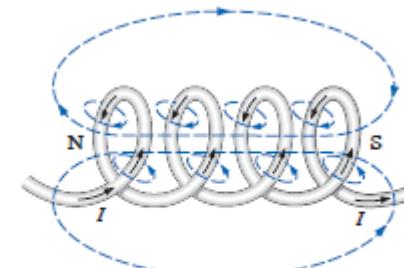


FIG. 11.8

Flux distribution of a current-carrying coil.

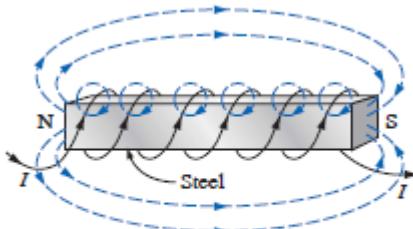
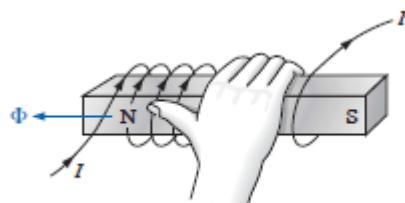


FIG. 11.9

Electromagnet.

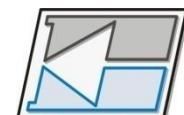


$$\mu_o = 4\pi \times 10^{-7} \frac{\text{Wb}}{\text{A} \cdot \text{m}}$$

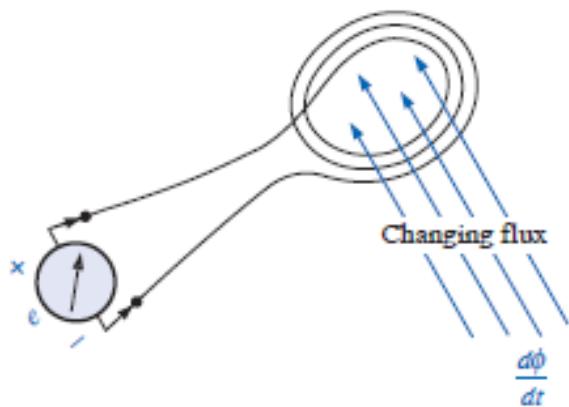
$$\boxed{\mu_r = \frac{\mu}{\mu_o}}$$

(11.2)

In general, for ferromagnetic materials,  $\mu_r \geq 100$ , and for nonmagnetic materials,  $\mu_r = 1$ .



# Lei de Faraday e Lenz



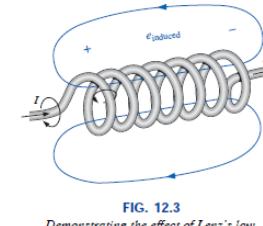
**FIG. 12.2**  
Demonstrating Faraday's law.

$$e = N \frac{d\phi}{dt}$$
 (volts, V)

## Lei de Faraday:

Quando submetemos um material condutor a uma variação de fluxo magnético, induzimos neste uma FEM que disponibilizará uma DDP. Se o circuito submetido ao campo magnético for fechado, teremos também a circulação de uma corrente elétrica.

$$V_L = -N \cdot \frac{d\phi}{dt}$$



**FIG. 12.3**  
Demonstrating the effect of Lenz's law.

## Lei de Lenz:

A corrente induzida em um circuito aparece sempre com um sentido tal que o campo magnético que ele cria tende a contrariar a variação do fluxo magnético através da espira.

- A bobina reagirá à variação de fluxo provocada pela aproximação ou afastamento do imã.
- Esta variação é denominada “inércia magnética”, devido a tentativa da bobina manter o seu estado magnético.
- O resultado desta reação é a indução de uma FEM na bobina que irá fazer circular uma corrente elétrica no enrolamento da bobina, que por sua vez irá gerar um campo magnético de reação (se opondo à aproximação ou afastamento do imã).
- Como reação a aproximação ou afastamento do imã é diferente, a polaridade da FEM induzida é consequentemente o sentido de circulação da corrente induzida e dos pólos magnéticos gerados será diferente.



# Lei de Faraday e Lenz

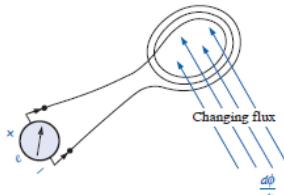
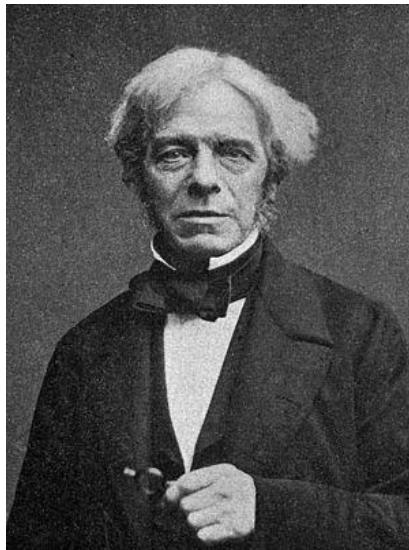


FIG. 12.2  
Demonstrating Faraday's law.

$$e = N \frac{d\phi}{dt}$$
 (volts, V)

## Michael Faraday



Nacionalidade britânico

Nascimento 22 de setembro de 1791

Local Sul de Londres, Inglaterra

Morte 25 de agosto de 1867 (75 anos)

Local Hampton Court, Londres, Inglaterra

### Atividade

Campo(s) Química, física

Instituições Royal Institution

Conhecido(a) por Indução eletromagnética

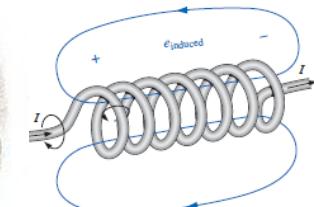


FIG. 12.3  
Demonstrating the effect of Lenz's law.

## Heinrich Lenz

Nacionalidade Alemão

Nascimento 12 de fevereiro de 1804

Local Tartu

Morte 10 de fevereiro de 1865 (60 anos)

Local Roma

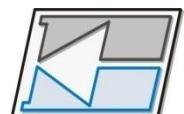
### Atividade

Campo(s) Física

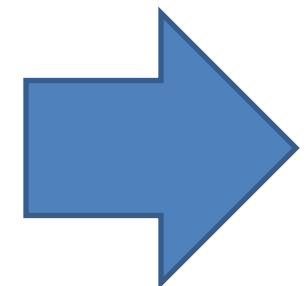
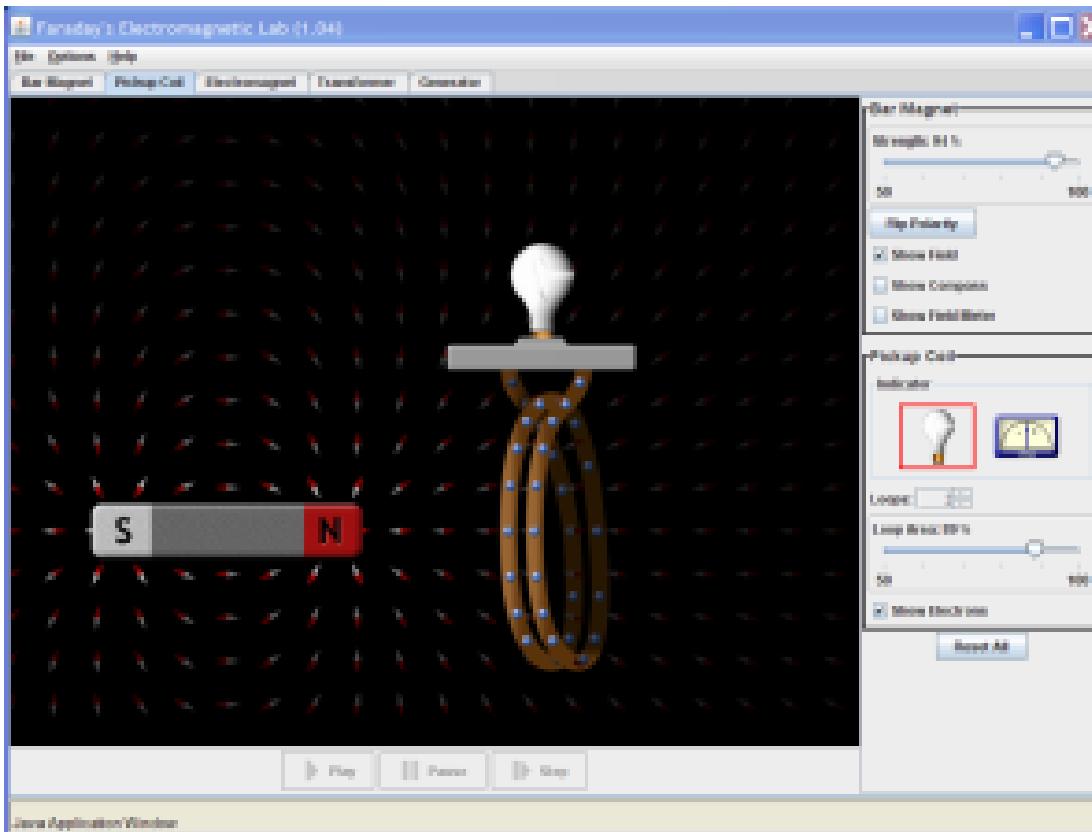
Instituições Universidade Estatal de São Petersburgo

Alma mater Universidade de Tartu

Conhecido(a) por Lei de Lenz

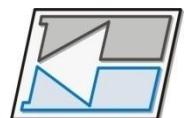


# Princípio de funcionamento do transformador

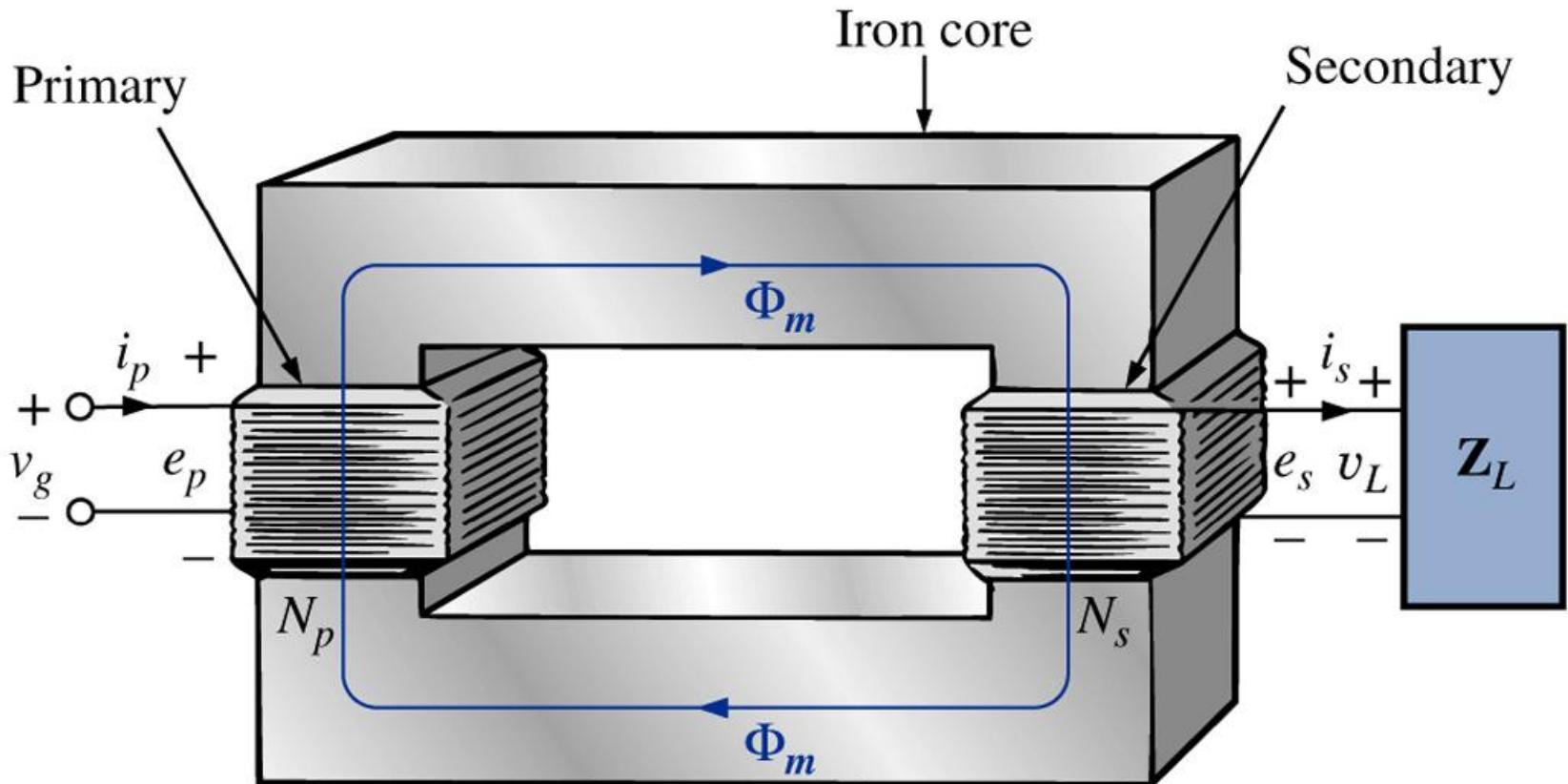


<http://phet.colorado.edu>

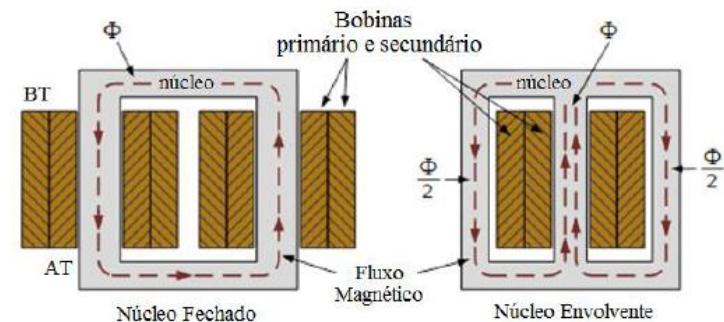
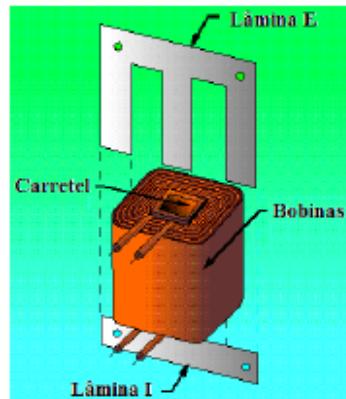
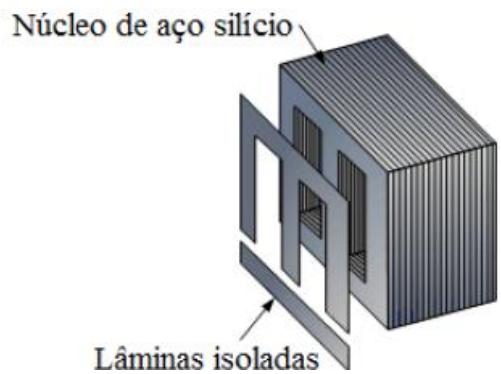
<http://phet.colorado.edu/en/simulation/faraday>



# Transformador



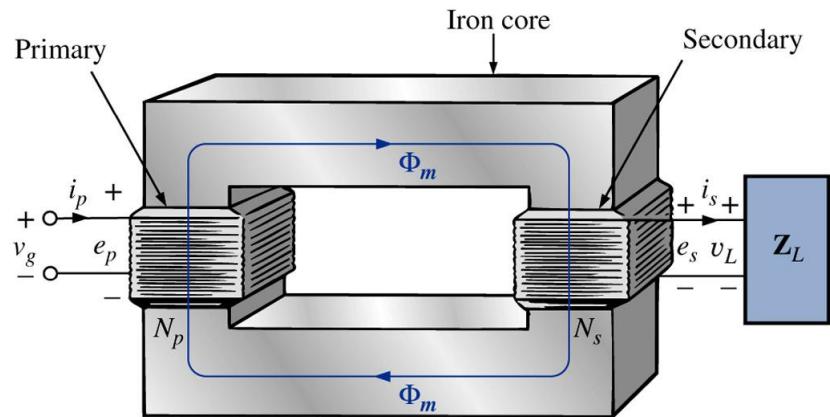
# Transformador



# Relação de transformação

Relação entre primário e secundário:

$$\frac{E_p}{E_s} = \frac{N_p}{N_s}$$



Em termos de valores instantâneos:

$$\frac{e_p}{e_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

Se  $a < 1$ :

$$a < 1 \rightarrow N_s > N_p$$

Transformador elevador de tensão

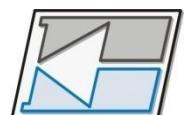
Relação de transformação:

$$a = \frac{N_p}{N_s}$$

Se  $a > 1$ :

$$a > 1 \rightarrow N_p > N_s$$

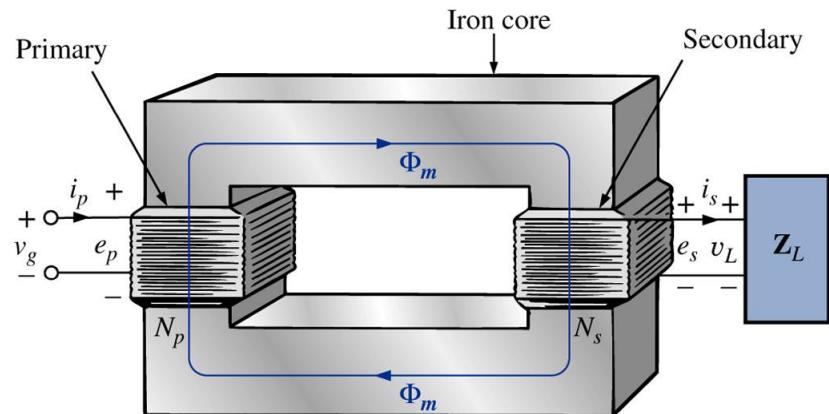
Transformador abaixador de tensão



# Relação de transformação

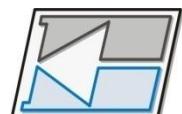
Relação entre primário e secundário:

$$\frac{I_s}{I_p} = \frac{N_p}{N_s}$$



Em termos de valores instantâneos:

$$\frac{i_p}{i_s} = \frac{N_s}{N_p}$$

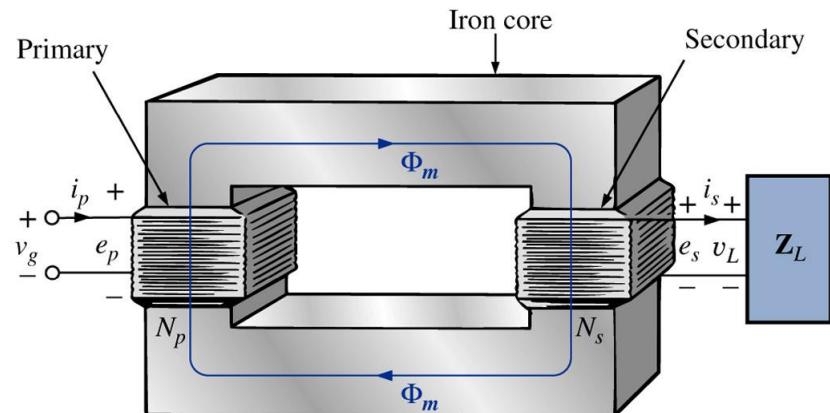


# Relação de transformação

Relação das tensões:

$$\frac{e_p}{e_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

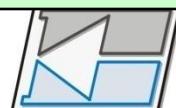
A razão entre as tensões do primário e do secundário é diretamente proporcional à relação entre o número de espiras.



Relação das correntes:

$$\frac{i_p}{i_s} = \frac{N_s}{N_p}$$

A razão entre as correntes no primário e no secundário de um transformador é inversamente proporcional à relação de espiras.



# Potência de um Transformador

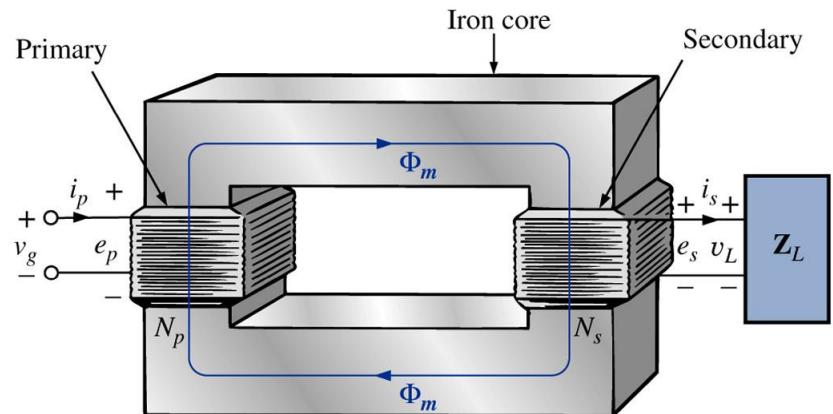
Potência (transformador ideal):

$$\frac{E_p}{E_s} = \frac{N_p}{N_s} = a = \frac{I_s}{I_p}$$

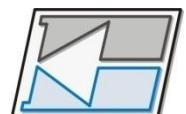
$$E_p \cdot I_p = E_s \cdot I_s$$

$$P_p = P_s$$

$$P_{\text{entrada}} = P_{\text{saída}}$$

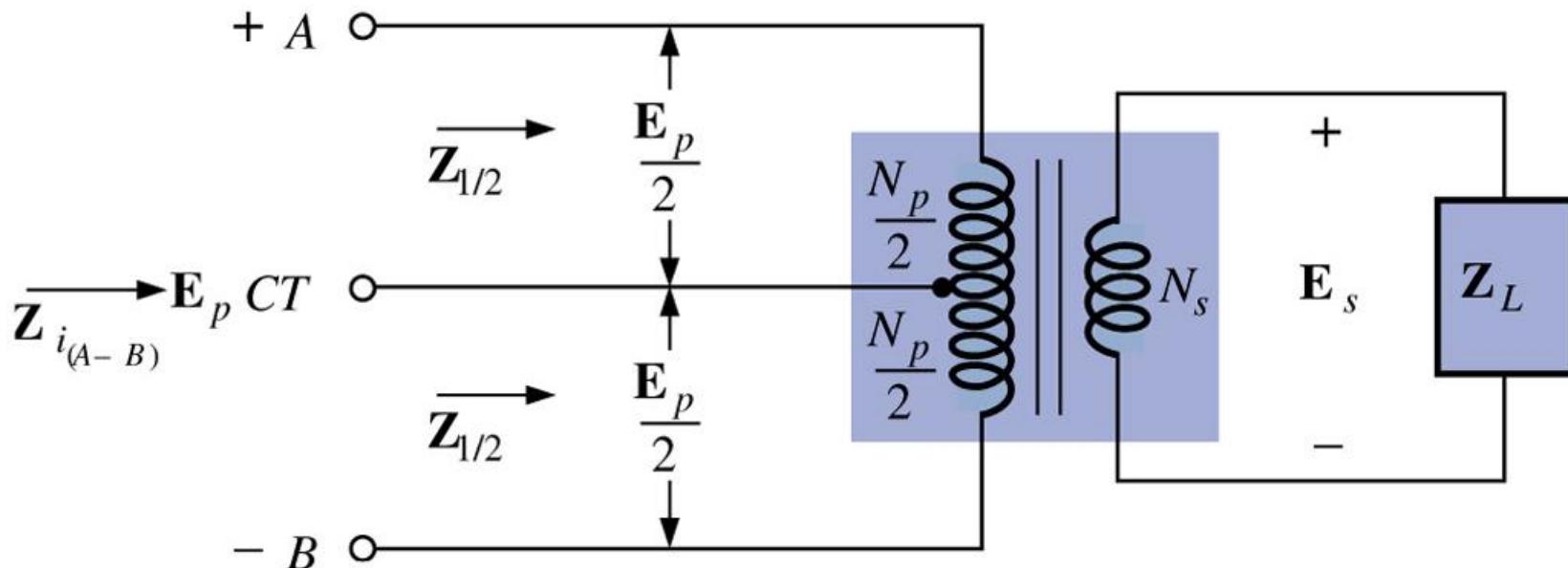


Para um transformador ideal, a potência de entrada é igual a potência da saída, ou seja, o transformador não possui perdas.



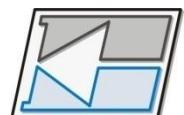
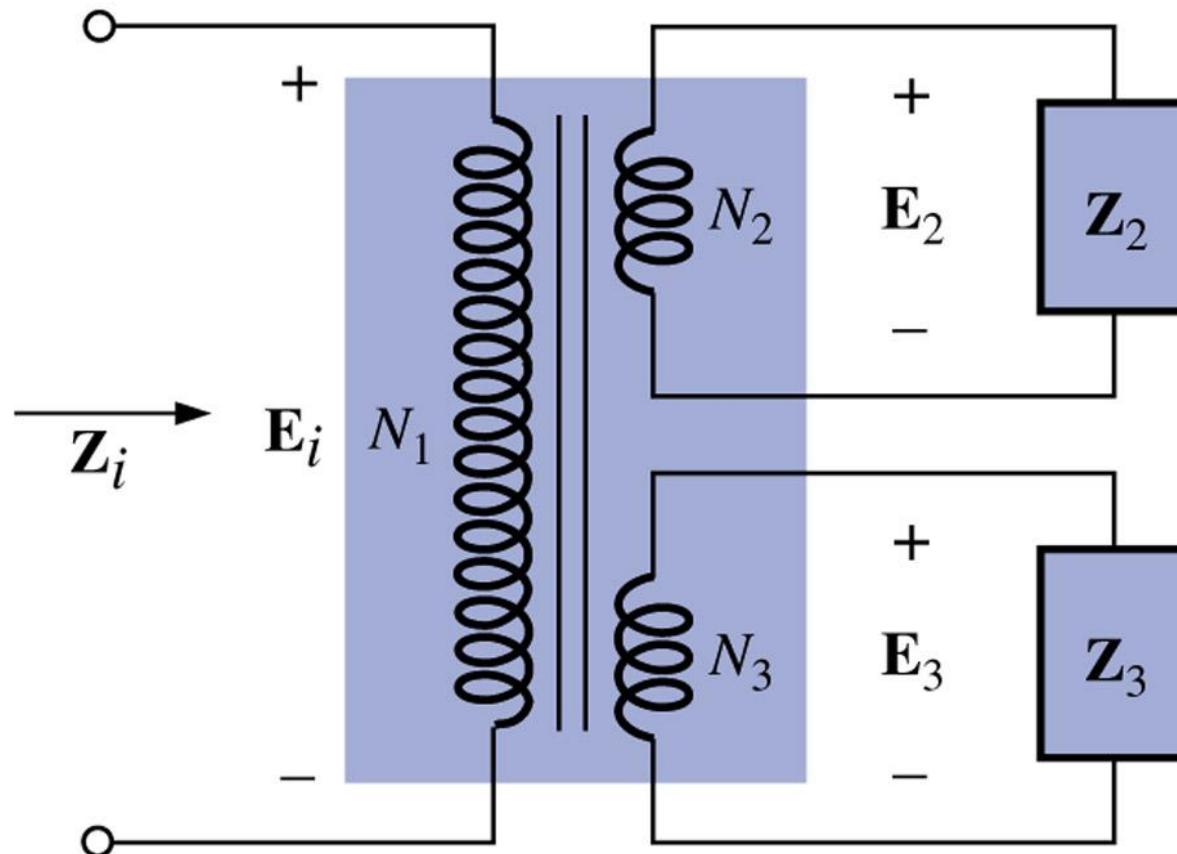
# Transformador

Transformador com derivação central:

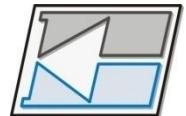
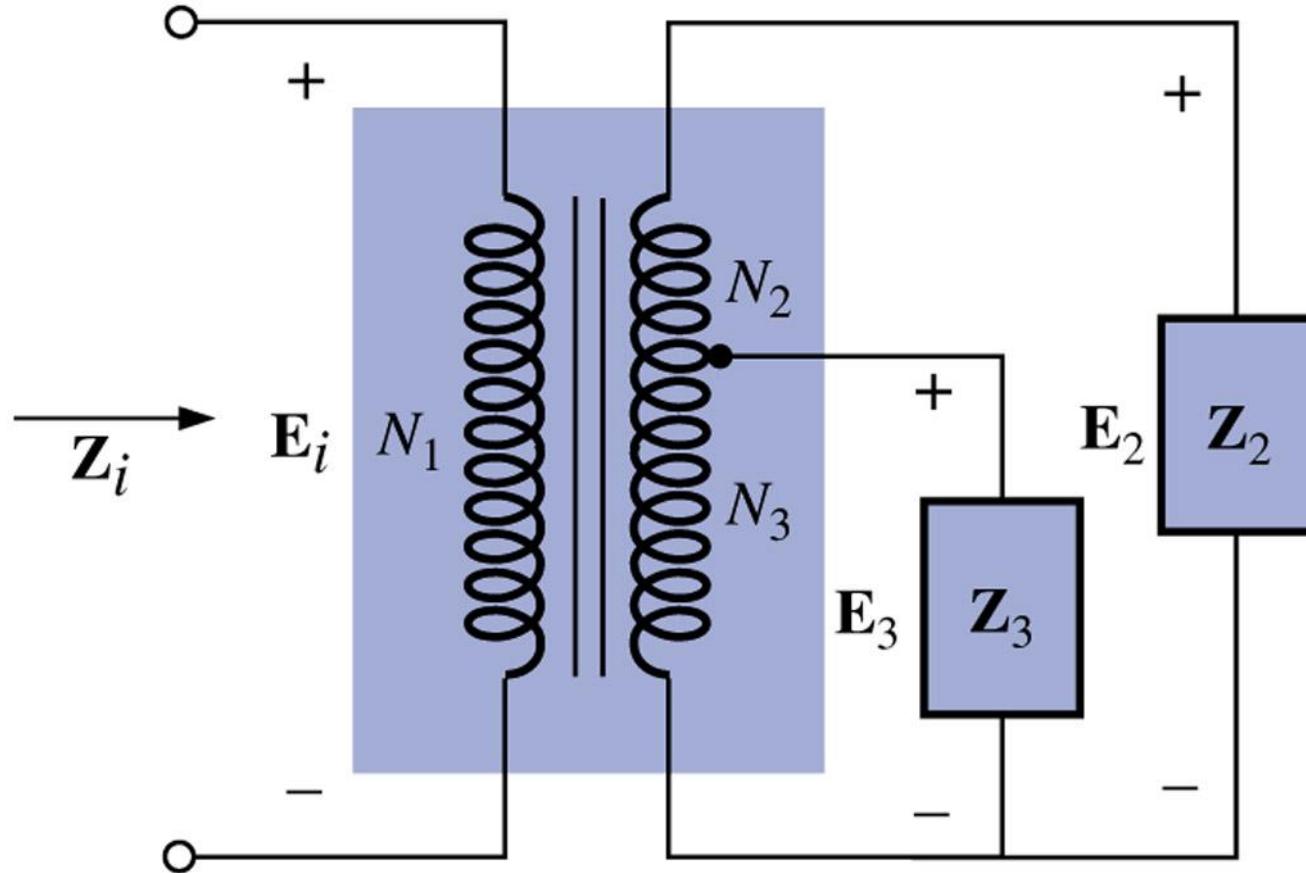


# Transformador

Transformador com dois secundários:

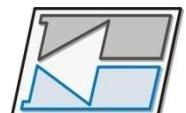
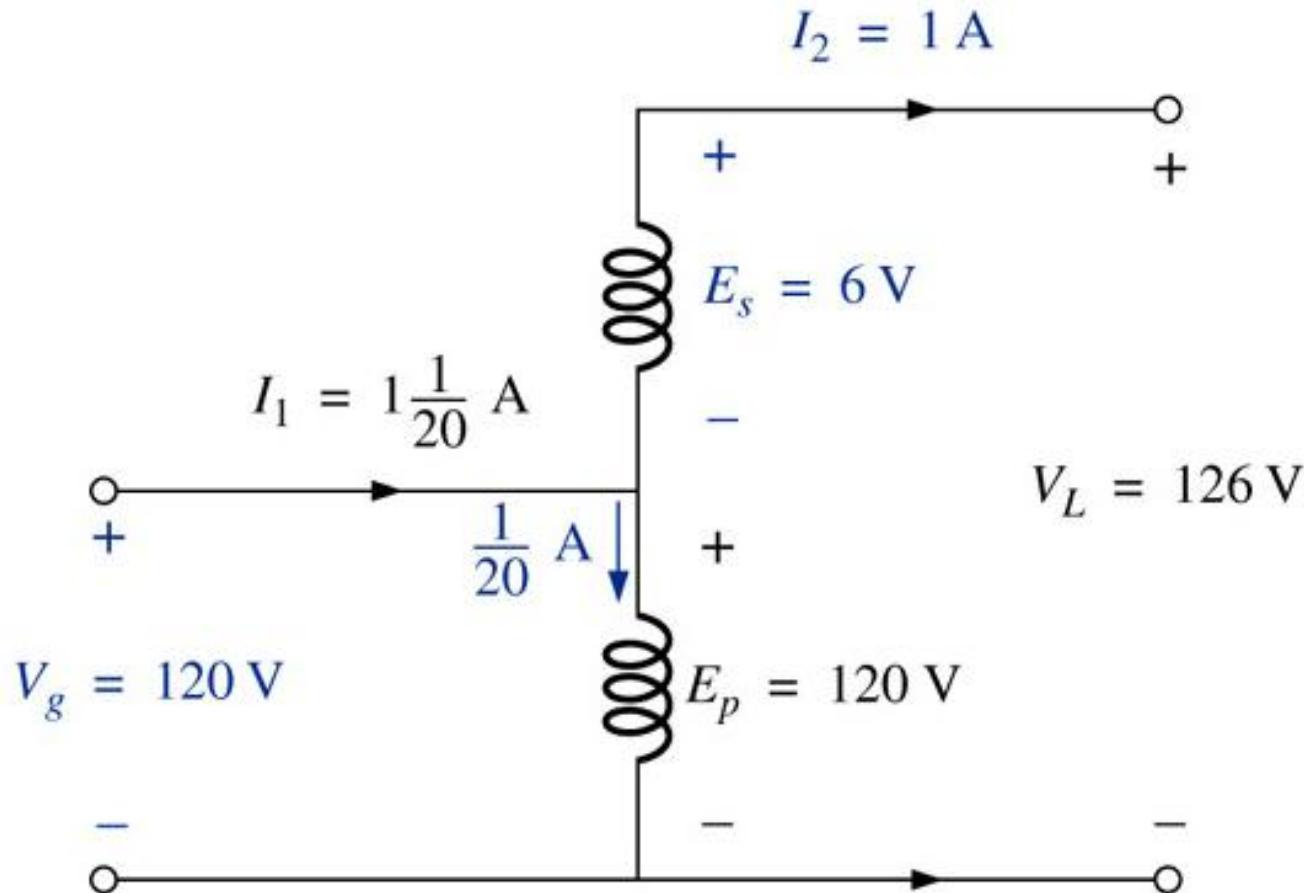


# Transformador



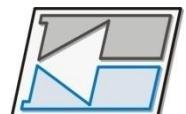
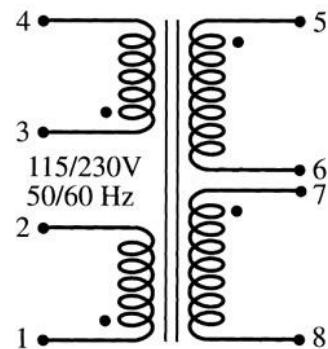
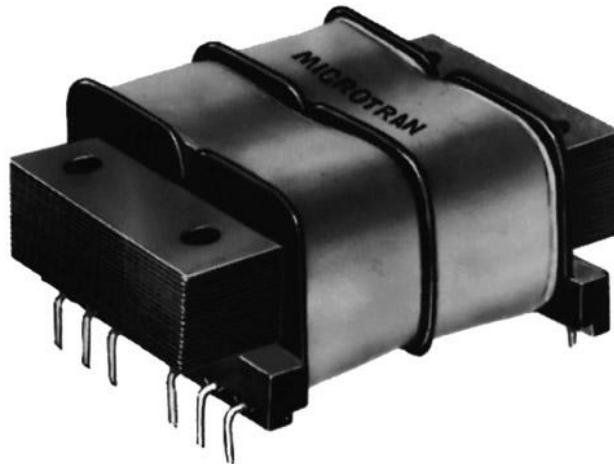
# Transformador

Autotransformador:



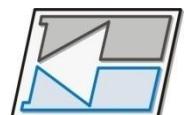
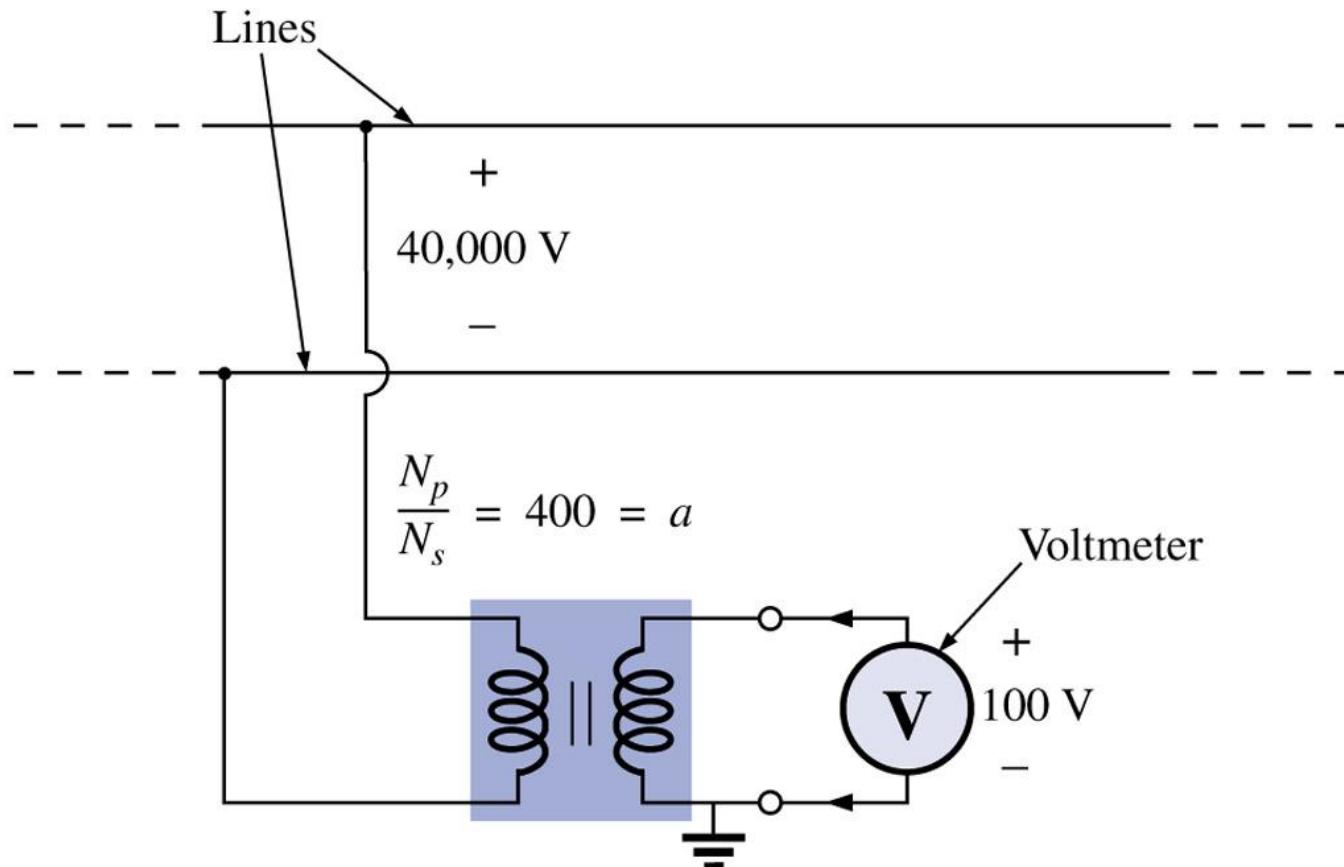
# Transformador

Transformador de pequenas dimensões com 2p e 2s:



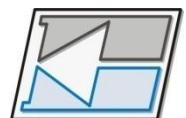
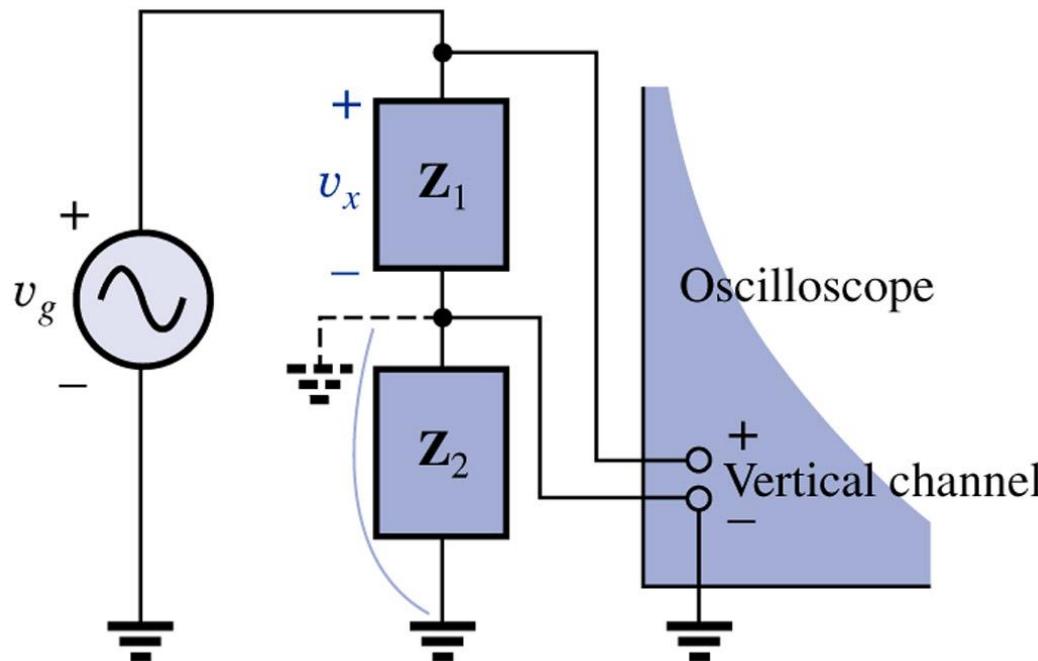
# Transformador

## Transformador para medidas:



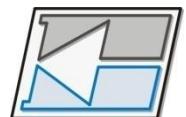
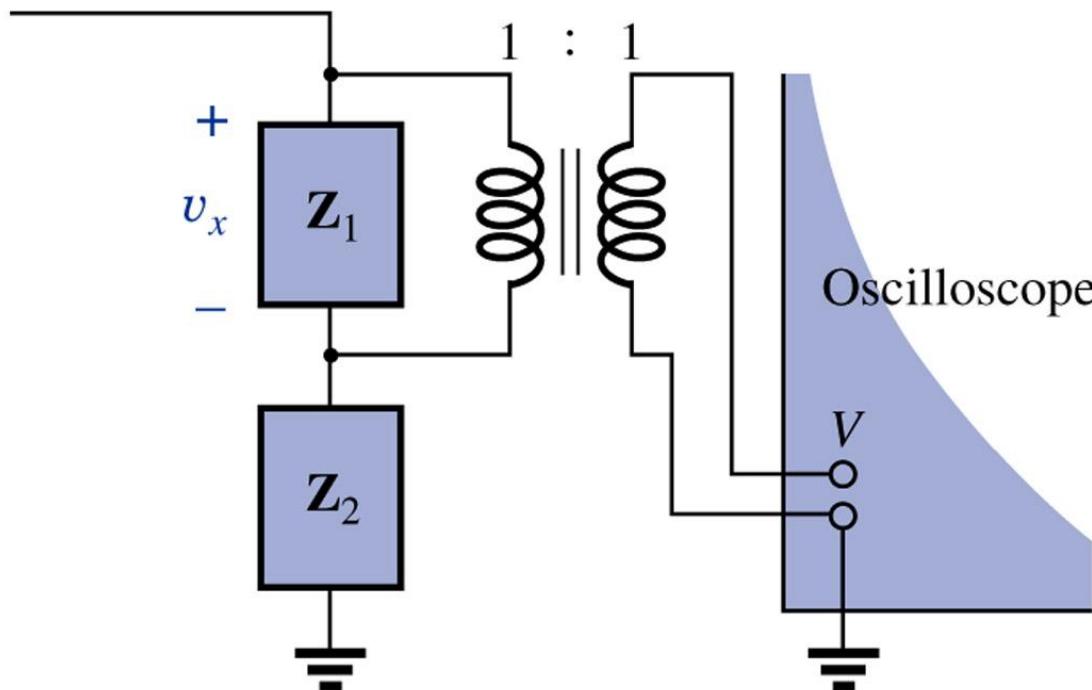
# Transformador

Transformador para medidas (isolamento):



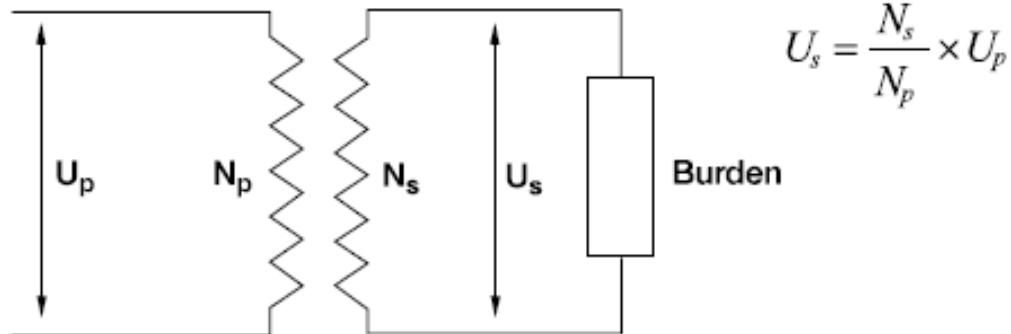
# Transformador

Transformador para medidas (isolamento):



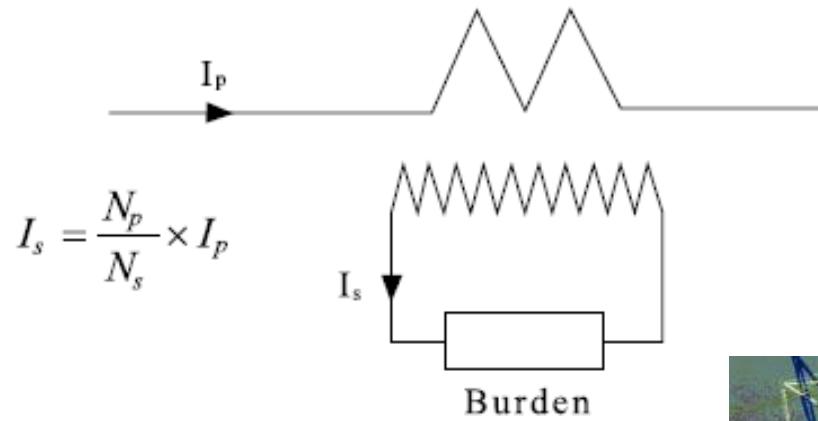
# Transformador

Transformador para medidas (de potencial):



# Transformador

## Transformador para medidas (de corrente):



# Transformador

Bibliografia:

Cap. 21 – Transformadores (Boylestad)

