



Universidade Federal do Rio Grande do Norte

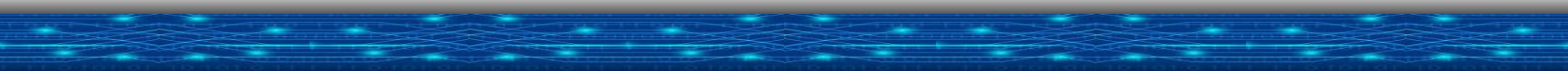
*Professora
Jossana Ferreira*

TRANSFORMADOR PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

16



Resumo

- Definição
 - Classificação
 - Lei de Faraday
 - Indutância Própria
 - Indutância Mútua
 - Regra do ponto
- 



Transformador

- Transforma níveis de tensões e correntes alternadas
- Utilidade
 - Abaixa ou eleva
 - Isolamento
 - Casamento de impedâncias

Transformador





Transformador

- Transporta a mesma potência com uma corrente mais baixa, diminuindo as perdas
- Abaixamento da tensão para valores mais seguros para que possa ser utilizada
- Só funcionam com corrente alternada
- Potência do primário = Potência do secundário



Transformador

- Classificações
 - Elevador ou abaixador
 - Monofásico ou trifásico

Transformador

- Transformador elevador

Eleva a tensão e abaixa a corrente



Transformador

- Transformador abaixador

Abaixa a tensão e eleva a corrente





Transformador

- Transformador Monofásico
 - Núcleo de ferro
 - Enrolamentos (primário e secundário)
 - Isolamento entre os enrolamentos
 - Compartilhamento do mesmo fluxo magnético
 - Acoplamento mútuo entre as bobinas indutoras

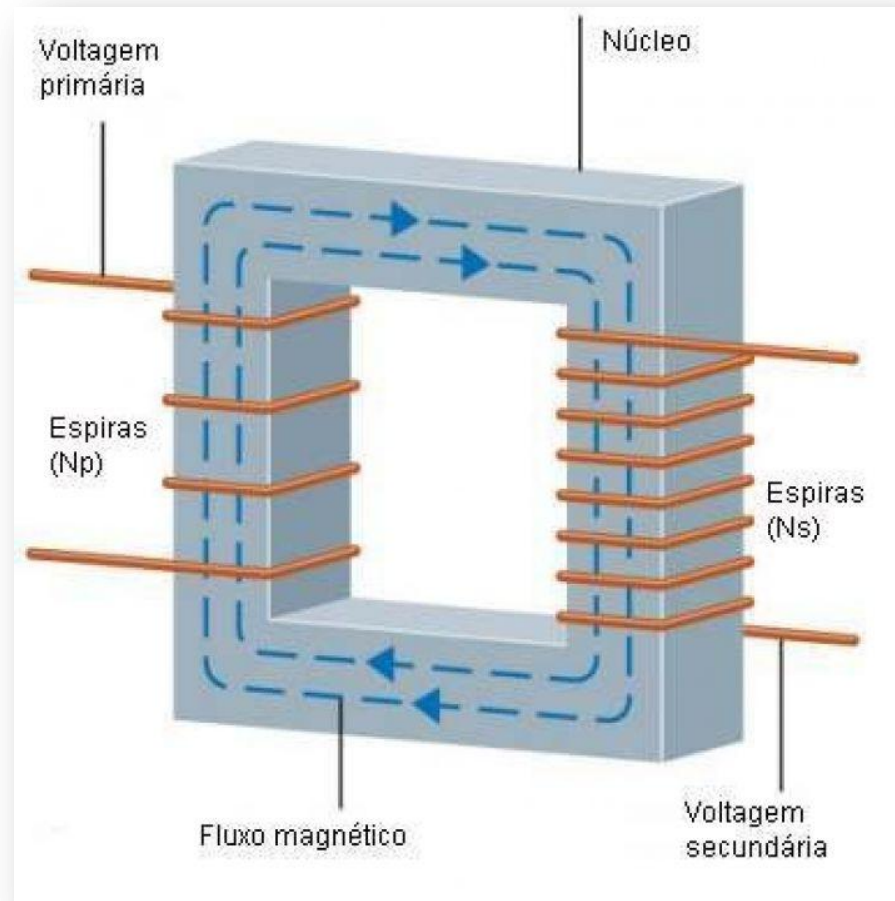


Transformador

- Lei de Faraday (lei da indução eletromagnética)

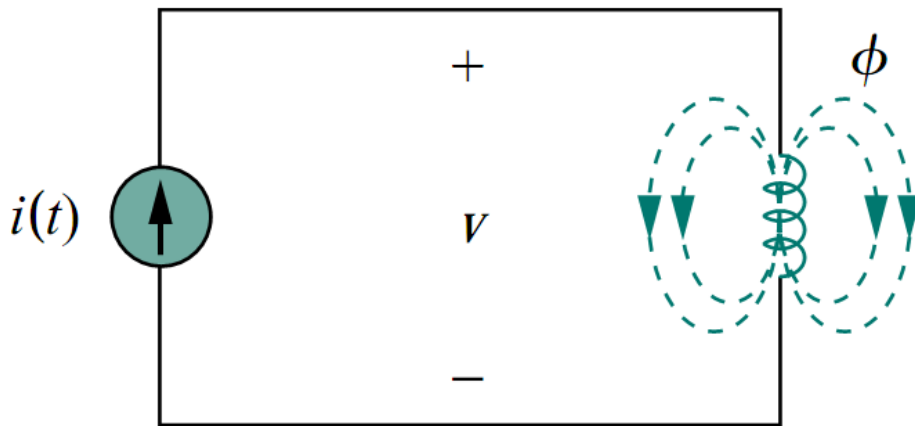
O valor da tensão induzida em uma simples espira de fio é proporcional à razão da variação das linhas de força que passam através daquela espira (ou se concatenam com ela).

Transformador



Transformador

- Indutância Própria (auto-indutância)



$$v = L \frac{di}{dt}$$

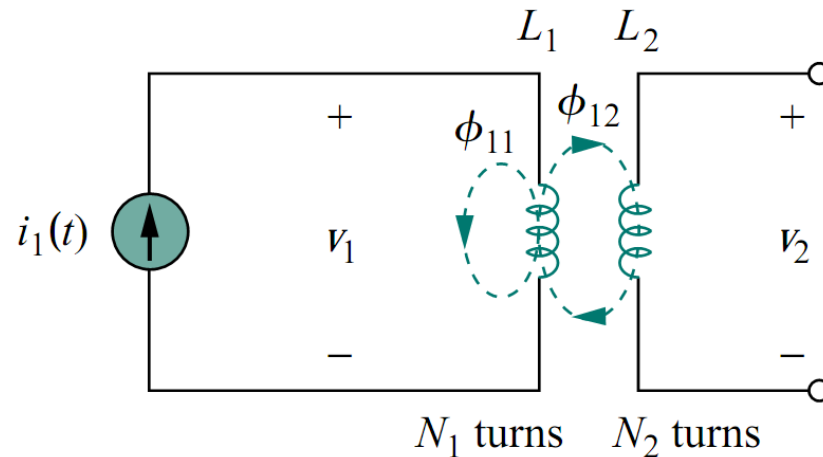
$$v = N \frac{d\phi}{dt}$$

$$v = N \frac{d\phi}{di} \frac{di}{dt}$$

$$L = N \frac{d\phi}{di}$$

Transformador

- Indutância Mútua



Fluxo total na bobina 1 =

fluxo próprio da bobina 1 + Fluxo provocado pela bobina 2 (mútuo)

Fluxo total na bobina 2 =

fluxo próprio da bobina 2 + Fluxo provocado pela bobina 1 (mútuo)



Transformador

- Indutância Mútua
- Fluxo

$$\phi_1 = \phi_{11} + \phi_{12}$$

$$\phi_2 = \phi_{22} + \phi_{21}$$




Transformador

- Indutância Mútua

L1 e L2 indutâncias próprias

M12 e M21 indutâncias mútuas

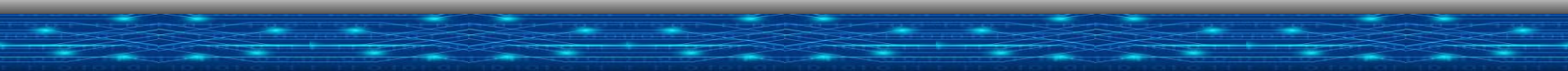
Sem corrente no secundário

$$v_1 = N_1 \frac{d\phi_1}{dt}$$

$$v_2 = N_2 \frac{d\phi_2}{dt}$$

$$v_1 = N_1 \frac{d\phi_1}{di_1} \frac{di_1}{dt} = L_1 \frac{di_1}{dt}$$

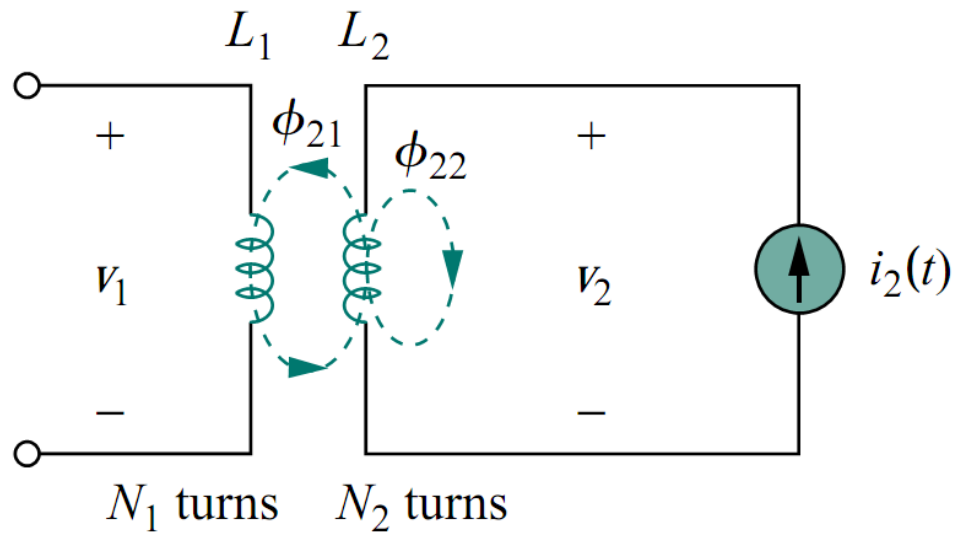
$$v_2 = N_2 \frac{d\phi_{12}}{di_1} \frac{di_1}{dt} = M_{21} \frac{di_1}{dt}$$

$$M_{21} = N_2 \frac{d\phi_{12}}{di_1}$$


Transformador

- Indutância Mútua

Primário aberto



$$\phi_1 = \phi_{11} + \phi_{12}$$

$$\phi_2 = \phi_{22} + \phi_{21}$$



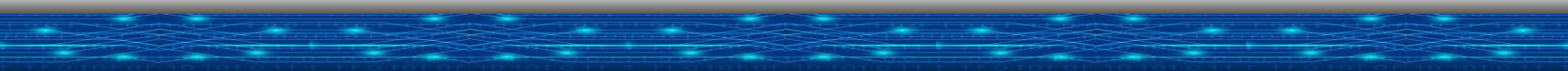
Transformador

- Indutância Mútua

Primário aberto

$$v_1 = N_1 \frac{d\phi_{21}}{di_2} \frac{di_2}{dt} = M_{12} \frac{di_2}{dt}$$

$$v_2 = N_2 \frac{d\phi_2}{di_2} \frac{di_2}{dt} = L_2 \frac{di_2}{dt}$$

$$M_{12} = N_1 \frac{d\phi_{21}}{di_2}$$




Transformador

- Indutância Mútua

Indutâncias mútuas são iguais

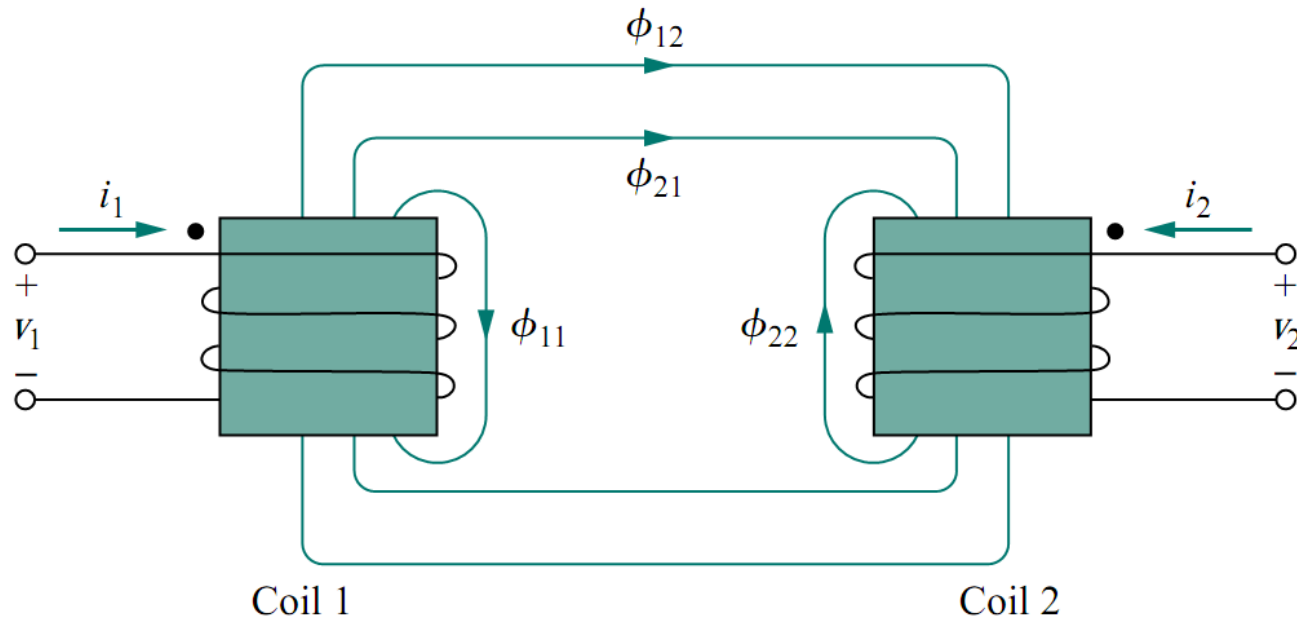
$$M_{12} = M_{21} = M$$

- *Só há indutância mútua se for induzida uma tensão através de uma corrente variável no tempo em outro circuito e proximidade das bobinas*

- *Ângulo entre as bobinas influencia*

Transformador

- Regra do ponto





Transformador

- Regra do ponto
 - M é sempre positiva mas a tensão mútua $M \frac{di}{dt}$ pode ser negativa ou positiva, bem como a tensão induzida $L \frac{di}{dt}$
 - Polaridade da tensão mútua
- Regra da mão direita

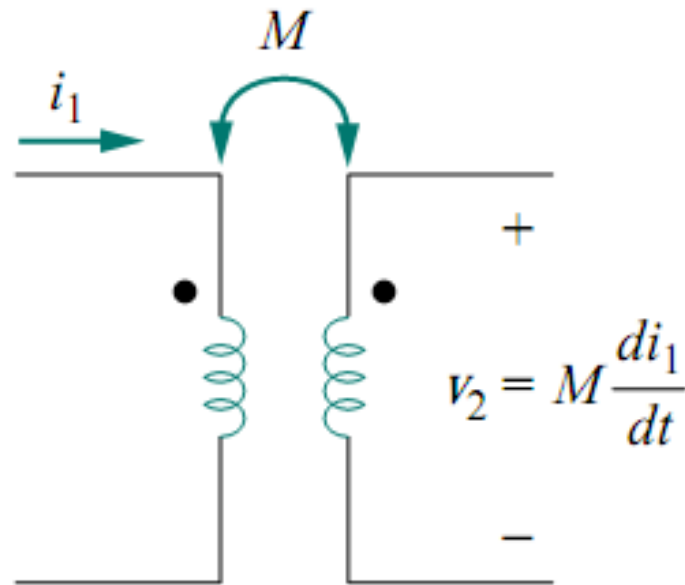


Transformador

- Se uma corrente entra pelo terminal da bobina marcado com um ponto, a polaridade de referência da tensão mútua na segunda bobina é positiva no terminal da 2ª bobina marcado com um ponto
- Ou, se uma corrente sai do terminal da bobina marcada com um ponto, a polaridade de referência da tensão mútua na 2ª bobina é negativo no terminal marcado com um ponto na 2ª bobina

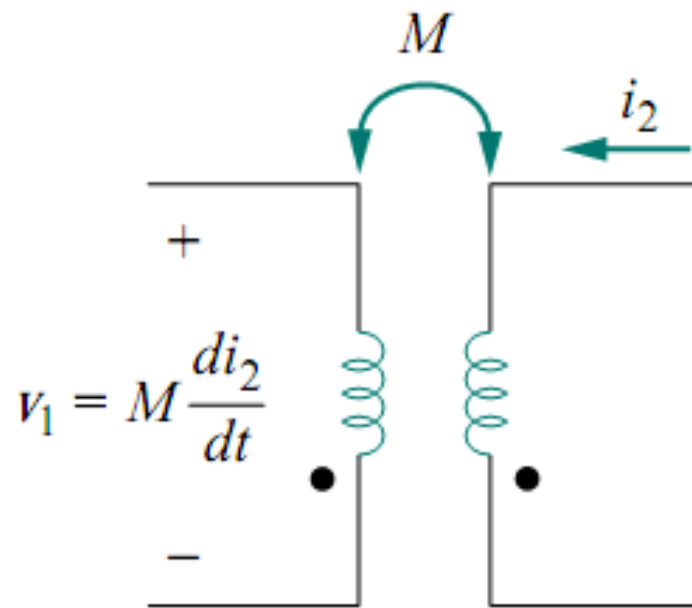
Transformador

- Exemplo: Corrente i_1 entrando no ponto



Transformador

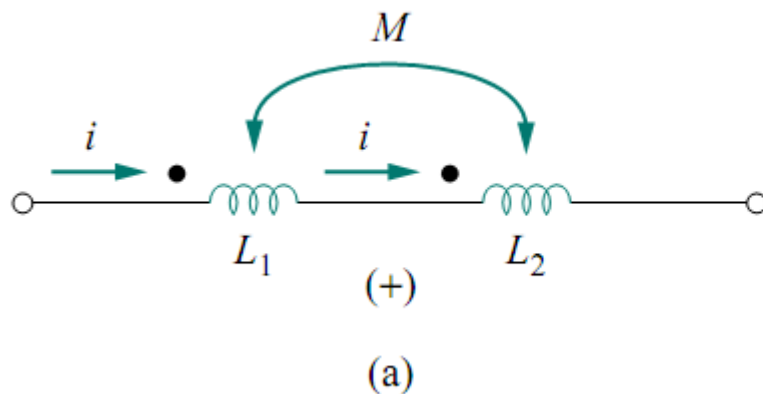
- Exemplo: Corrente i_2 saindo no ponto



Transformador

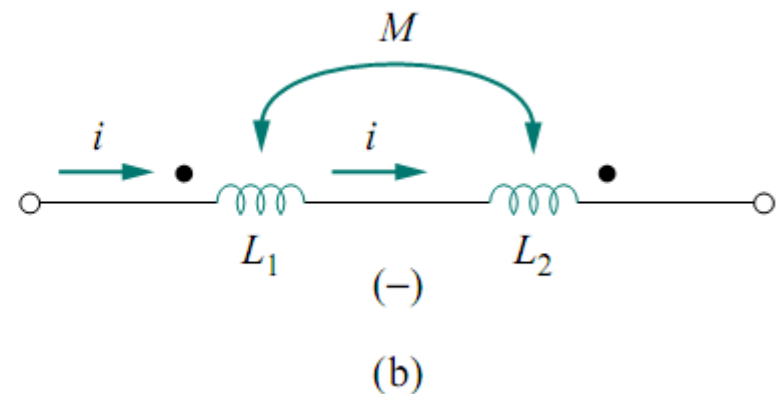
- Regra do ponto

Bobinas acopladas em série



$$L = L_1 + L_2 + 2M$$

Corrente entrando em
ambos os pontos

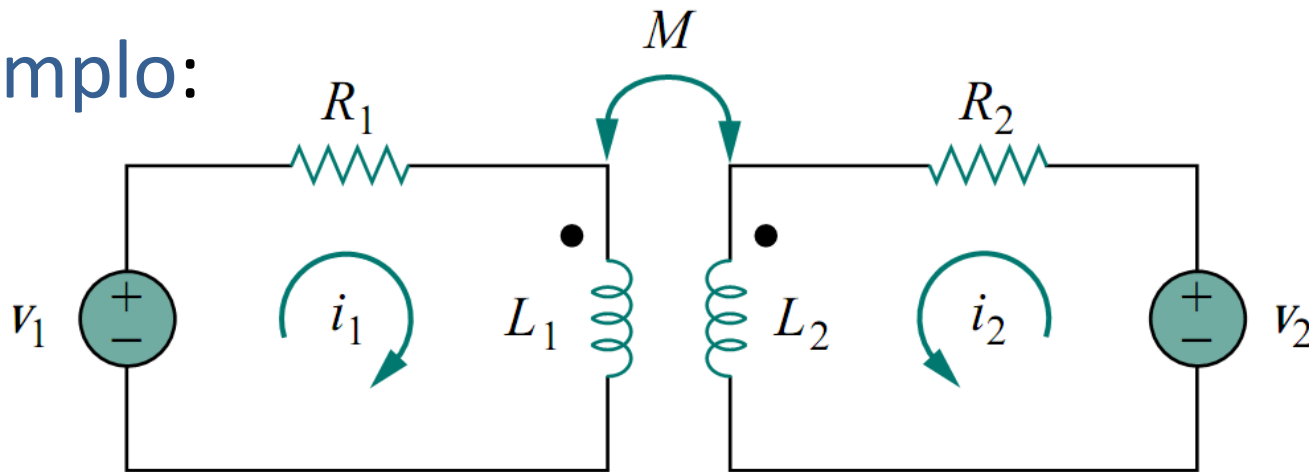


$$L = L_1 + L_2 - 2M$$

Corrente entrando em
um ponto e saindo de
outro ponto

Transformador

•Exemplo:



$$v_1 = i_1 R_1 + L_1 \frac{di_1}{dt} + M \frac{di_2}{dt}$$

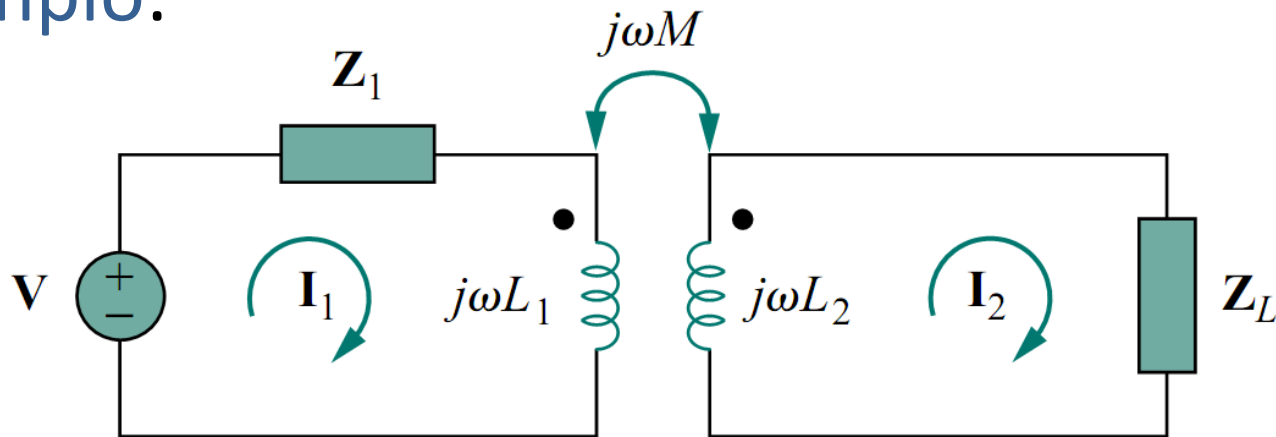
$$v_2 = i_2 R_2 + L_2 \frac{di_2}{dt} + M \frac{di_1}{dt}$$

$$\mathbf{V}_1 = (R_1 + j\omega L_1)\mathbf{I}_1 + j\omega M\mathbf{I}_2$$

$$\mathbf{V}_2 = j\omega M\mathbf{I}_1 + (R_2 + j\omega L_2)\mathbf{I}_2$$

Transformador

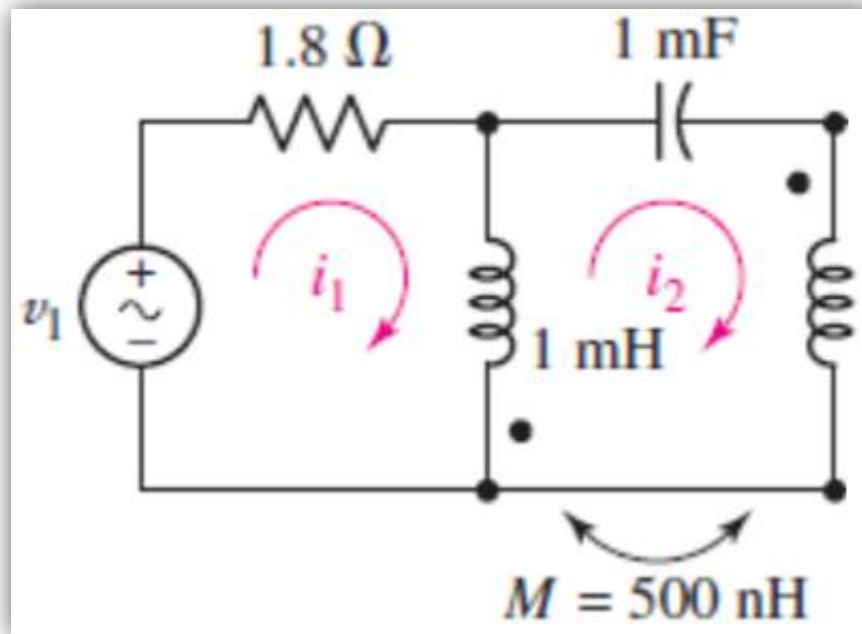
- Exemplo:



$$\mathbf{V} = (\mathbf{Z}_1 + j\omega L_1)\mathbf{I}_1 - j\omega M\mathbf{I}_2$$
$$0 = -j\omega M\mathbf{I}_1 + (\mathbf{Z}_L + j\omega L_2)\mathbf{I}_2$$

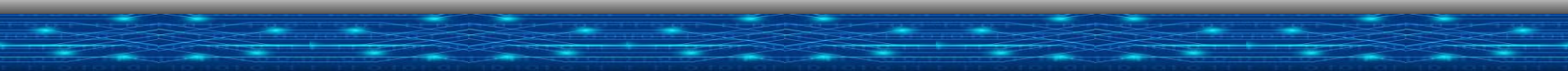
Transformador

- **Exercício 1:** Para o circuito abaixo, calcule $i_2(t)$ se $v_1(t) = 8\text{sen}(720t)$ V.





Pontos importantes!

- Para que serve um transformador?
 - Quais os tipos de transformadores?
 - Qual a relação da lei de Faraday e o transformador?
 - Qual a diferença entre indutância própria e mútua?
 - O que diz a regra do ponto?
- 



Sala 23

jossana@ect.ufrn.br