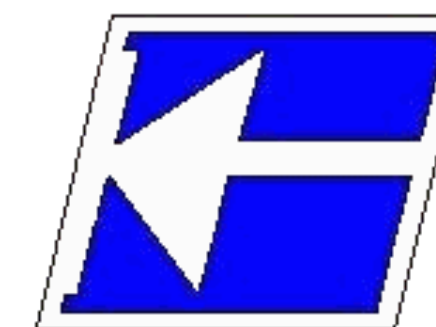




Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina
Departamento Acadêmico de Eletrônica
Circuitos Elétricos I



Teorema da *Máxima* Transferência de Potência

Prof. Clovis Antonio Petry.

Florianópolis, setembro de 2020.

Curso Básico de Circuitos Elétricos I

O material do curso está disponível em:

1. Moodle para os alunos matriculados na disciplina.
2. Página do professor.
3. Canal no youtube do professor.



<https://moodle.ifsc.edu.br>



www.ProfessorPetry.com.br



<https://www.youtube.com>

Agenda

Esta aula está organizada em:

1. Teorema da máxima transferência de potência:
 - definição;
 - exemplos de aplicação.
2. Eficiência/rendimento de circuitos:
 - definição;
 - exemplos.



Motivação

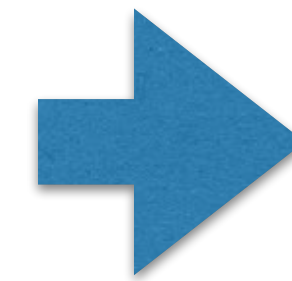
A transferência da máxima potência é objetivo de projetistas e usuários, por exemplo, em sistemas de áudio.



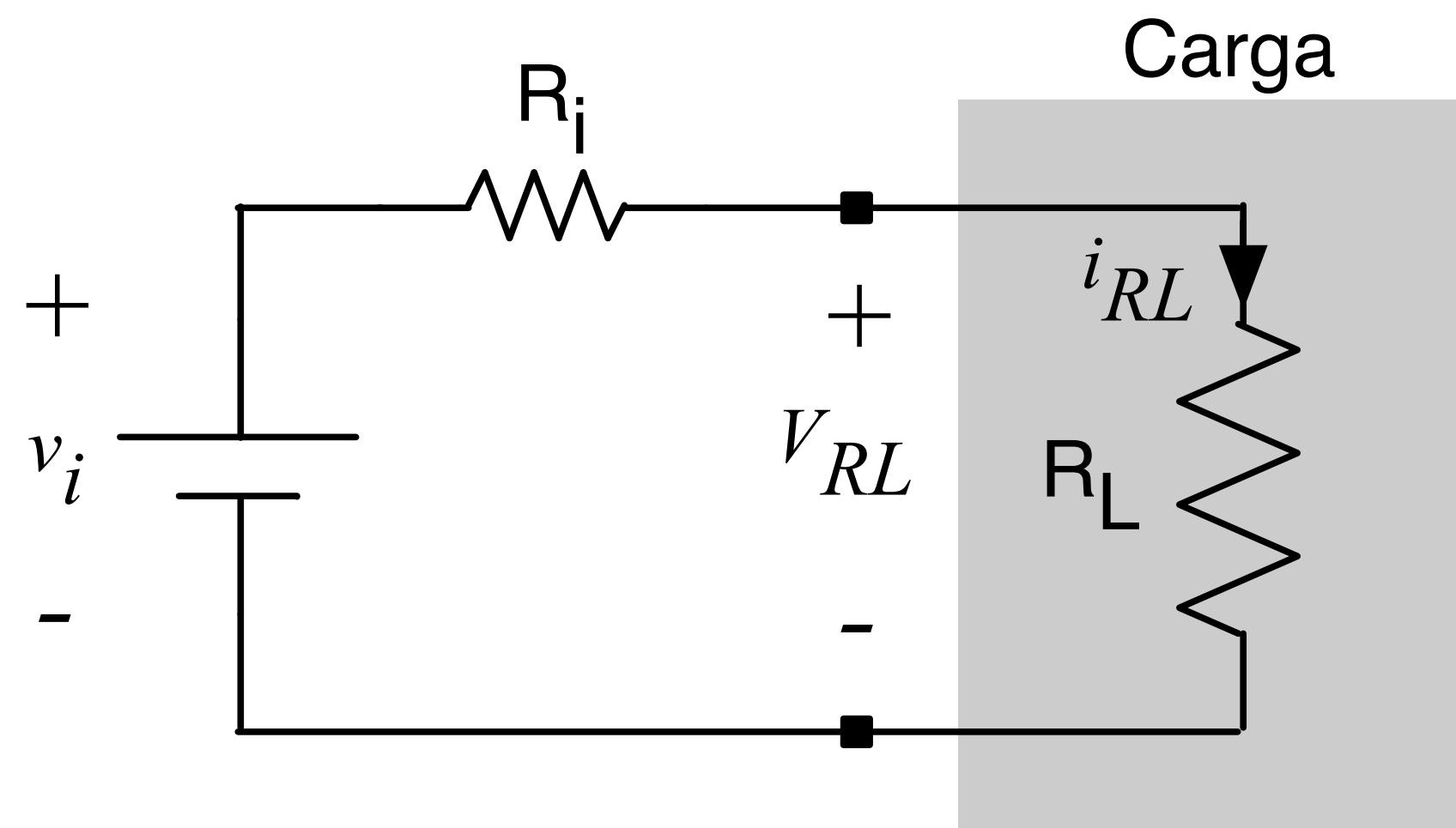
Teorema da Máxima Transferência de Potência

Definição do Teorema da Máxima Transferência de Potência:

- O Teorema da Máxima Transferência de Potência determina que a potência transferida para a carga é máxima quando sua resistência for igual a resistência interna da fonte de alimentação;
- Qual o valor de R_L para se obter a máxima potência na carga?



$$R_L = R_i$$



$$V_{RL} = v_i \cdot \frac{R_L}{R_i + R_L}$$

$$P_{RL} = \frac{(V_{RL})^2}{R_L} = \frac{\left(v_i \cdot \frac{R_L}{R_i + R_L}\right)^2}{R_L} = \frac{v_i^2 \cdot R_L}{(R_i + R_L)^2}$$

$$\frac{\partial(P_{RL})}{\partial R_L} = 0 \rightarrow \frac{\partial\left(\frac{v_i^2 \cdot R_L}{(R_i + R_L)^2}\right)}{\partial R_L} = 0$$

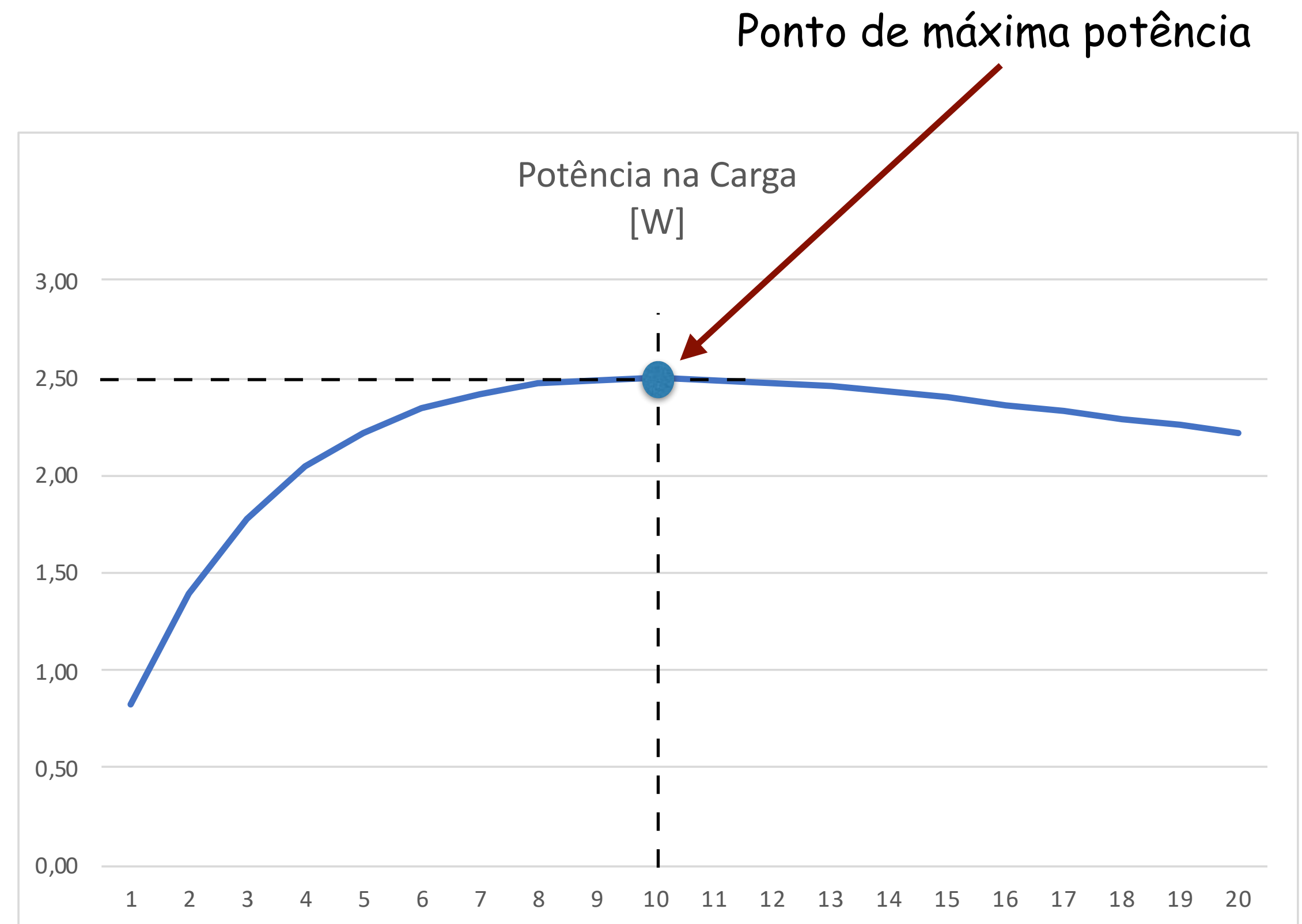
$$\frac{R_i - R_L}{(R_i + R_L)^3} = 0 \rightarrow R_i = R_L$$

Teorema da Máxima Transferência de Potência

Exemplo:

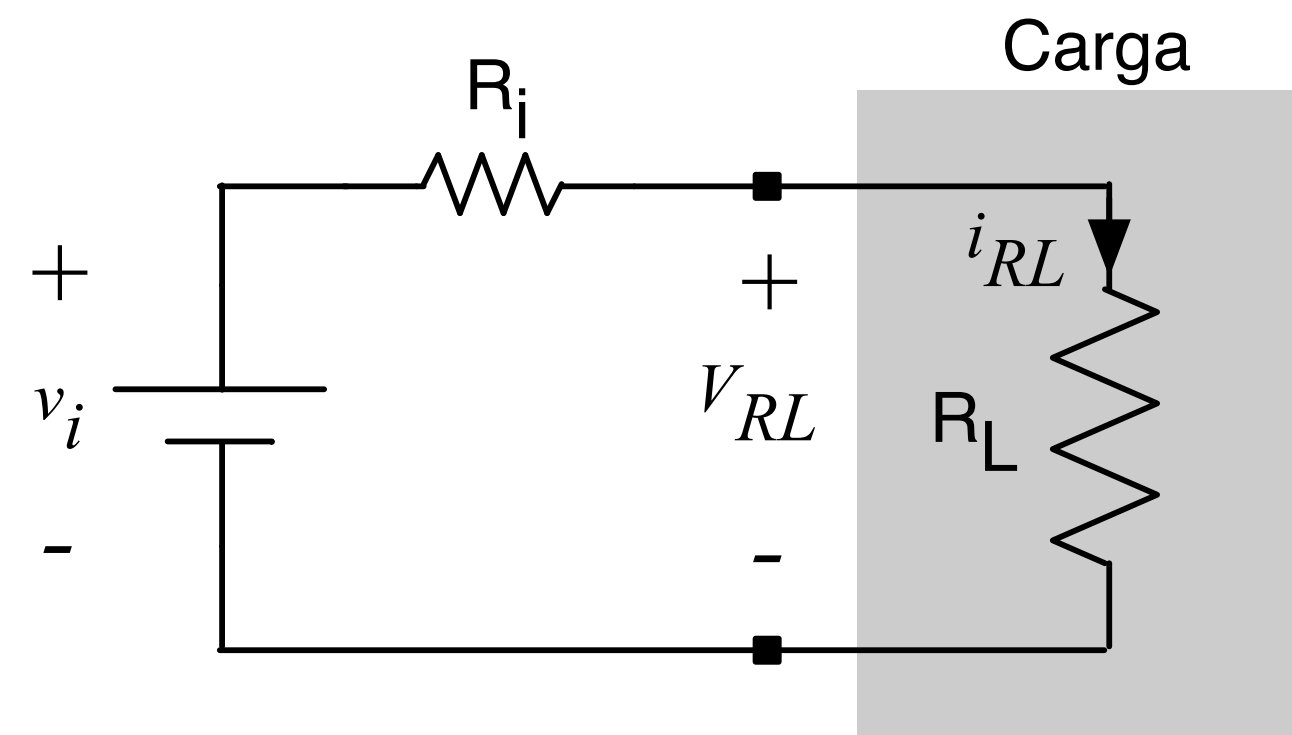
- A título de exemplo, vamos considerar uma fonte de alimentação de 10 V com resistência interna de 10Ω . Agora faremos a resistência de carga variar em torno do valor da resistência interna da fonte. Assim, podemos elaborar uma tabela com os valores da resistência de carga, tensão na carga e a potência resultante sobre a mesma.

Resistência da carga [Ω]	Tensão na carga [V]	Potência na carga [W]
1	0,91	0,83
2	1,67	1,39
3	2,31	1,78
4	2,86	2,04
5	3,33	2,22
6	3,75	2,34
7	4,12	2,42
8	4,44	2,47
9	4,74	2,49
10	5,00	2,50
11	5,24	2,49
12	5,45	2,48
13	5,65	2,46
14	5,83	2,43
15	6,00	2,40
16	6,15	2,37
17	6,30	2,33
18	6,43	2,30
19	6,55	2,26
20	6,67	2,22



Teorema da Máxima Transferência de Potência

Fonte de tensão com resistência interna:



$$P_{RL} = \frac{v_i^2 \cdot R_L}{(R_i + R_L)^2} = \frac{v_i^2 \cdot R_L}{(R_L + R_L)^2} = \frac{v_i^2 \cdot R_L}{(2 \cdot R_L)^2} = \frac{v_i^2}{4 \cdot R_L}$$

Exemplo 1:

- Uma fonte de tensão possui tensão de 12 V e resistência interna de 2 Ω . Qual a potência máxima que poderá ser obtida na carga e para qual resistência isso irá ocorrer?

$$P_{RL} = \frac{v_i^2}{4 \cdot R_L} = \frac{12^2}{4 \cdot 2} = 18W$$

Teorema da Máxima Transferência de Potência

Amplificador de áudio:



<https://frahm.com.br/>

$$R_L = R_i$$

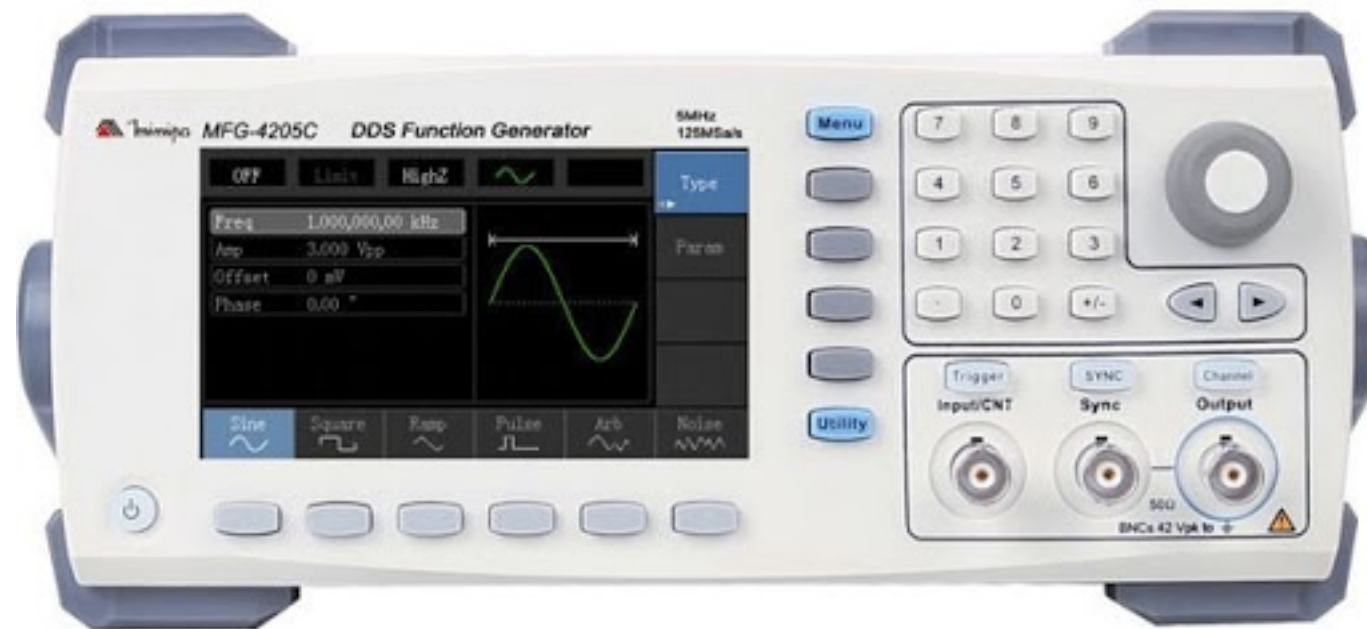
Exemplo 2:

- Um amplificador de áudio possui impedância interna de 8Ω . Qual deve ser a impedância do alto-falante para que se tenha a máxima transferência de potência?

$$R_L = R_{amp} = 8\Omega$$

Teorema da Máxima Transferência de Potência

Gerador de sinais:



<http://www.minipa.com.br/>

$$R_L = R_i$$

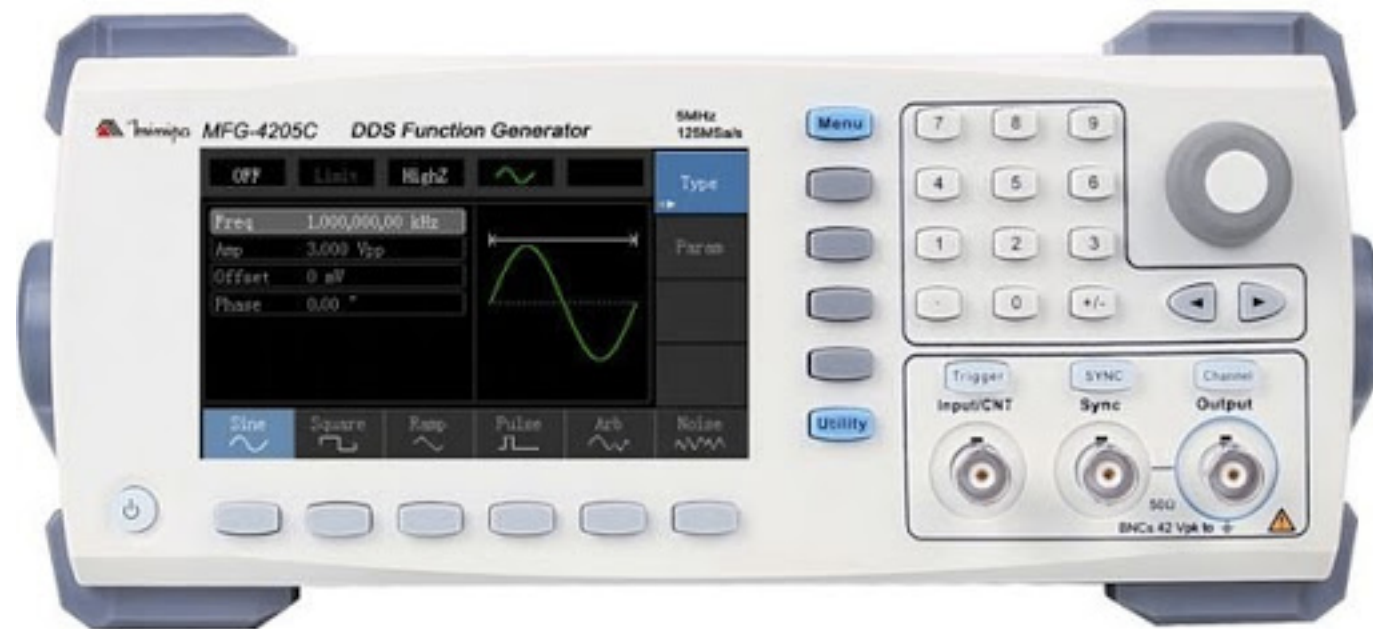
Exemplo 3:

- Um gerador de sinais possui impedância interna de 50Ω . Para qual carga se obterá a máxima transferência de potência?

$$R_L = R_{ger} = 50\Omega$$

Teorema da Máxima Transferência de Potência

Gerador de sinais:



<http://www.minipa.com.br/>

$$R_L = R_i$$

$$P_{RL} = \frac{v_i^2 \cdot R_L}{(R_i + R_L)^2} = \frac{v_i^2 \cdot R_L}{(R_L + R_L)^2} = \frac{v_i^2 \cdot R_L}{(2 \cdot R_L)^2} = \frac{v_i^2}{4 \cdot R_L}$$

Exemplo 4:

- Um gerador de sinais de bancada possui impedância interna de 50Ω e tensão máxima de saída de 20 V. Qual a máxima potência este gerador irá fornecer?

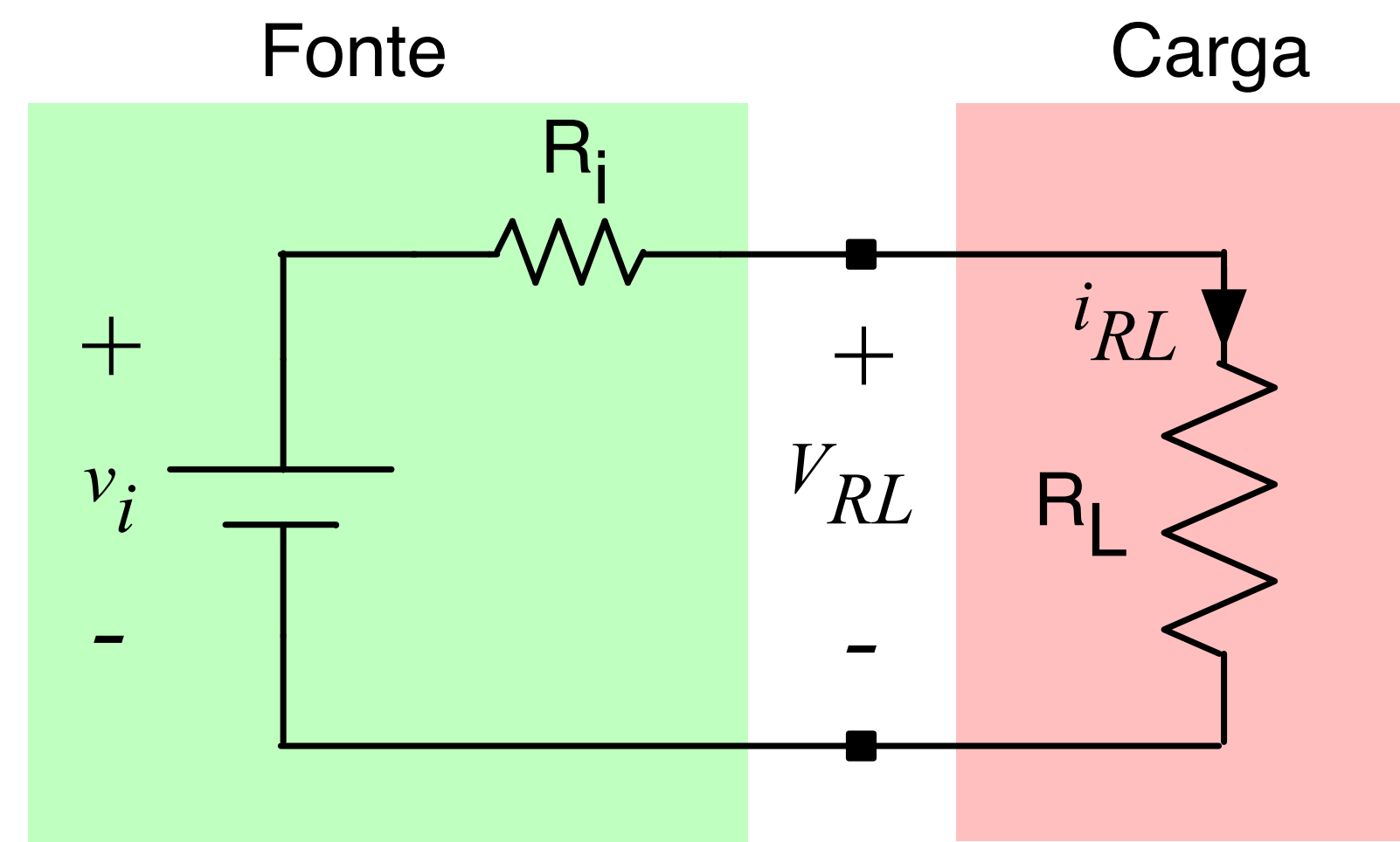
$$P_{RL} = \frac{v_i^2}{4 \cdot R_L} = \frac{20^2}{4 \cdot 50} = 2W$$

Eficiência de circuitos elétricos

Definição de eficiência ou rendimento de um circuito elétrico:

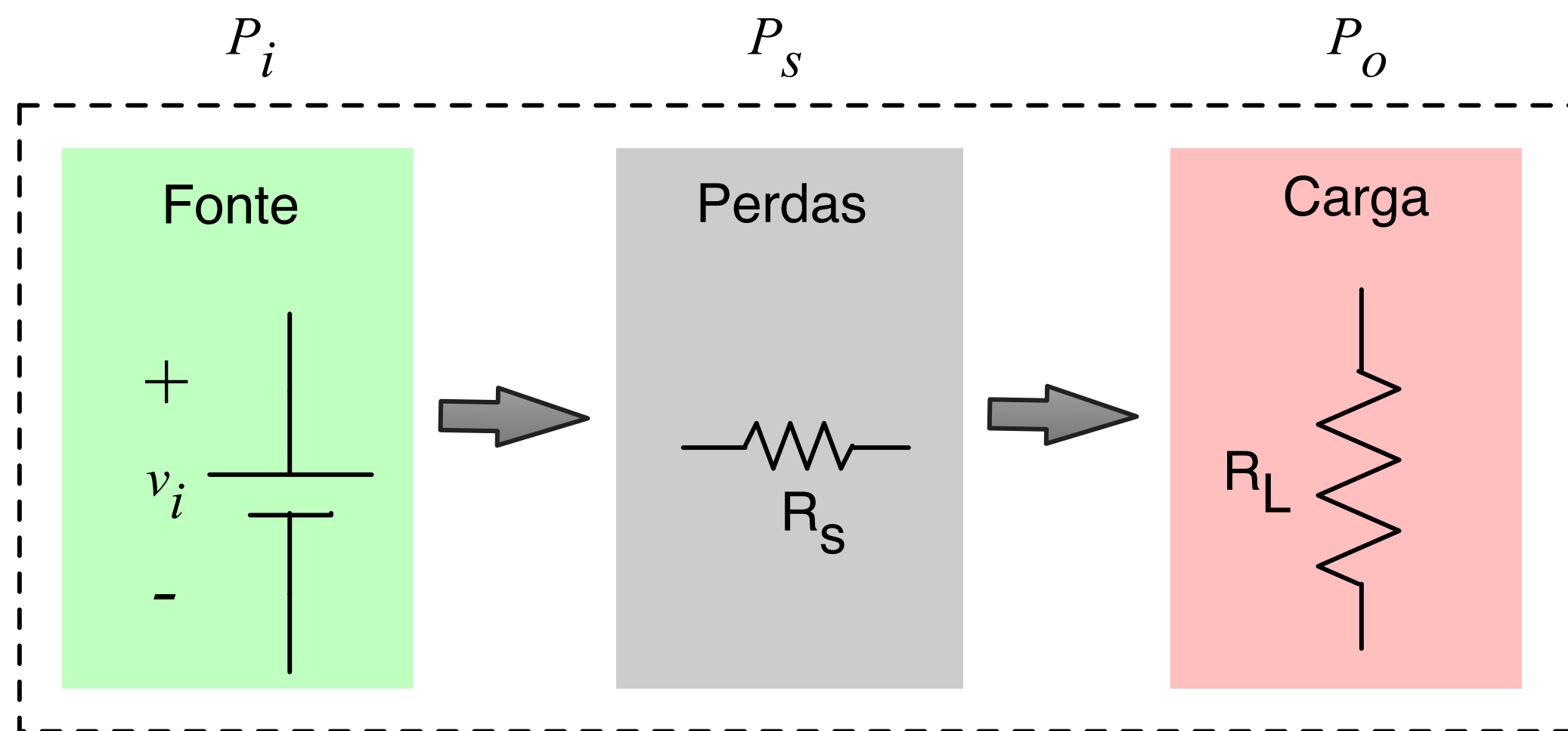
- A eficiência de um circuito ou sistema elétrico é a relação entre a potência útil nas cargas e aquela fornecida pelas fontes de alimentação.
- Assim, a eficiência permite conhecer quanto da potência fornecida pela fonte de alimentação está sendo dissipada nos elementos do circuito, mas não necessariamente fornecendo trabalho útil.

$$\eta = \frac{P_o}{P_i}$$



Eficiência de circuitos elétricos

Cálculo da eficiência ou rendimento de um circuito elétrico:



$$\eta = \frac{P_o}{P_i} \rightarrow P_i = P_o + P_s$$

$$\eta = \frac{P_o}{P_o + P_s}$$

Se as perdas fossem nulas:

$$\eta = \frac{P_o}{P_o + P_s} = \frac{P_o}{P_o + 0} = \frac{P_o}{P_o} = 1 = 100\%$$

Eficiência de circuitos elétricos

Exemplo:

- A título de exemplo, vamos considerar novamente uma fonte de alimentação de 10 V com resistência interna de 10 Ω. Faremos a resistência de carga variar em torno do valor da resistência interna da fonte, mas com valores significativamente menores ou maiores.

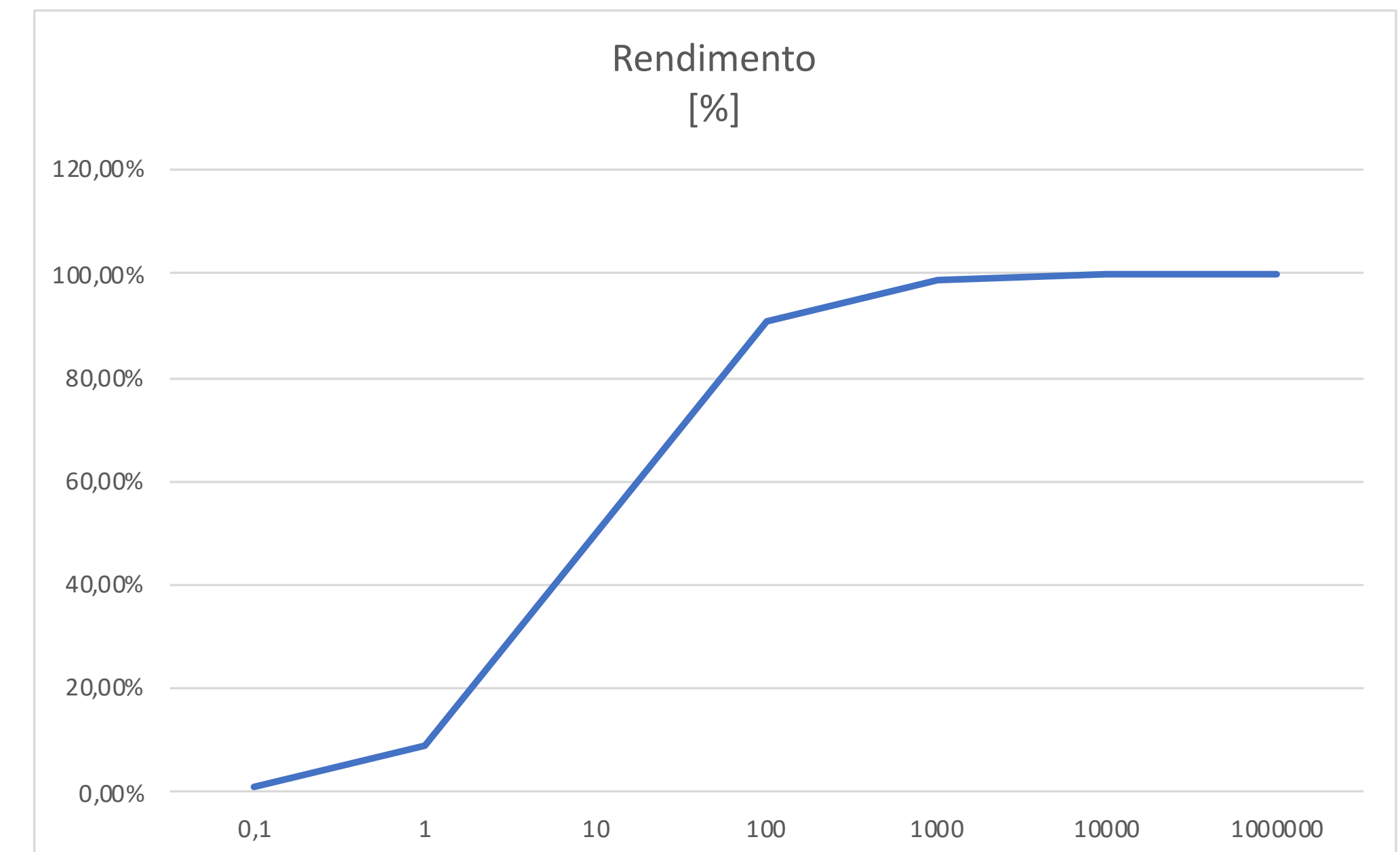
Resistência da carga [Ω]	Potência na carga [W]	Potência perdida [W]	Potência na entrada [W]	Rendimento do sistema [%]
0,1	0,10	9,80	9,90	0,99
1	0,83	8,26	9,09	9,09
10	2,50	2,50	5,00	50,00
100	0,83	0,08	0,91	90,91
1.000	0,10	0,00	0,10	99,01
10.000	0,01	0,00	0,01	99,90
100.000	0,00	0,00	0,00	100,00

$$i = \frac{v_i}{R_T} = \frac{v_i}{R_s + R_L} = \frac{10}{10 + R_L}$$

$$P_s = R_s \cdot i^2 = 10 \cdot \left(\frac{10}{10 + R_L} \right)^2$$

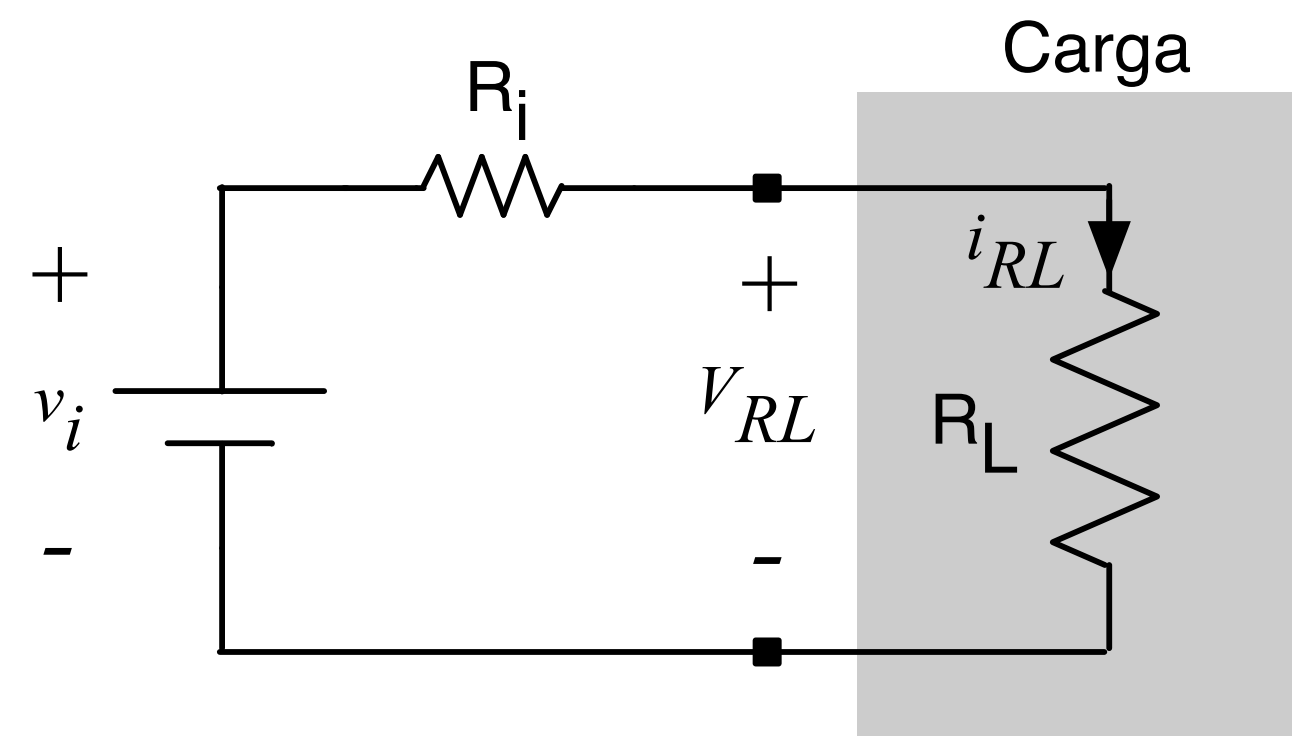
$$P_{RL} = R_L \cdot i^2 = R_L \cdot \left(\frac{10}{10 + R_L} \right)^2$$

$$P_i = v_i \cdot i_i = 10 \cdot \frac{10}{10 + R_L} = \frac{100}{10 + R_L}$$



Eficiência de circuitos elétricos

Fonte de tensão com resistência interna:



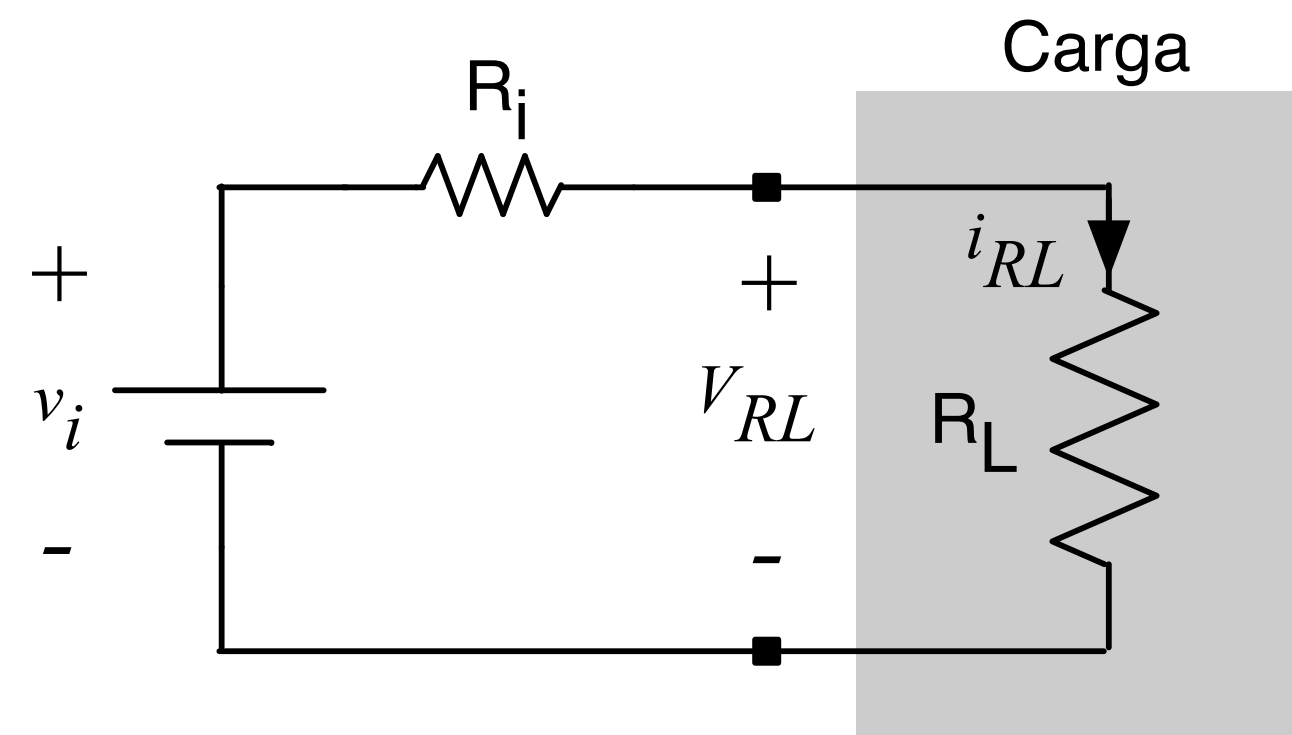
Exemplo 5:

- Uma fonte de tensão possui tensão de 12 V e resistência interna de 2Ω . Ao se conectar uma carga com resistência de 2Ω nesta fonte, qual será o rendimento do sistema?

Como a resistência da carga é igual a resistência interna da fonte, então se está no ponto de máxima transferência de potência e o rendimento será de 50%.

Eficiência de circuitos elétricos

Fonte de tensão com resistência interna:



$$i = \frac{v_i}{R_T} = \frac{v_i}{R_s + R_L}$$

Exemplo 6:

- Uma fonte de tensão possui tensão de 12 V e resistência interna de 2 Ω . Ao se conectar uma carga com resistência de 10 Ω nesta fonte, qual será o rendimento do sistema?

$$i = \frac{v_i}{R_T} = \frac{v_i}{R_s + R_L} = \frac{12}{2 + 10} = 1A$$

$$P_{RL} = R_L \cdot i^2 = 10 \cdot 1^2 = 10W$$

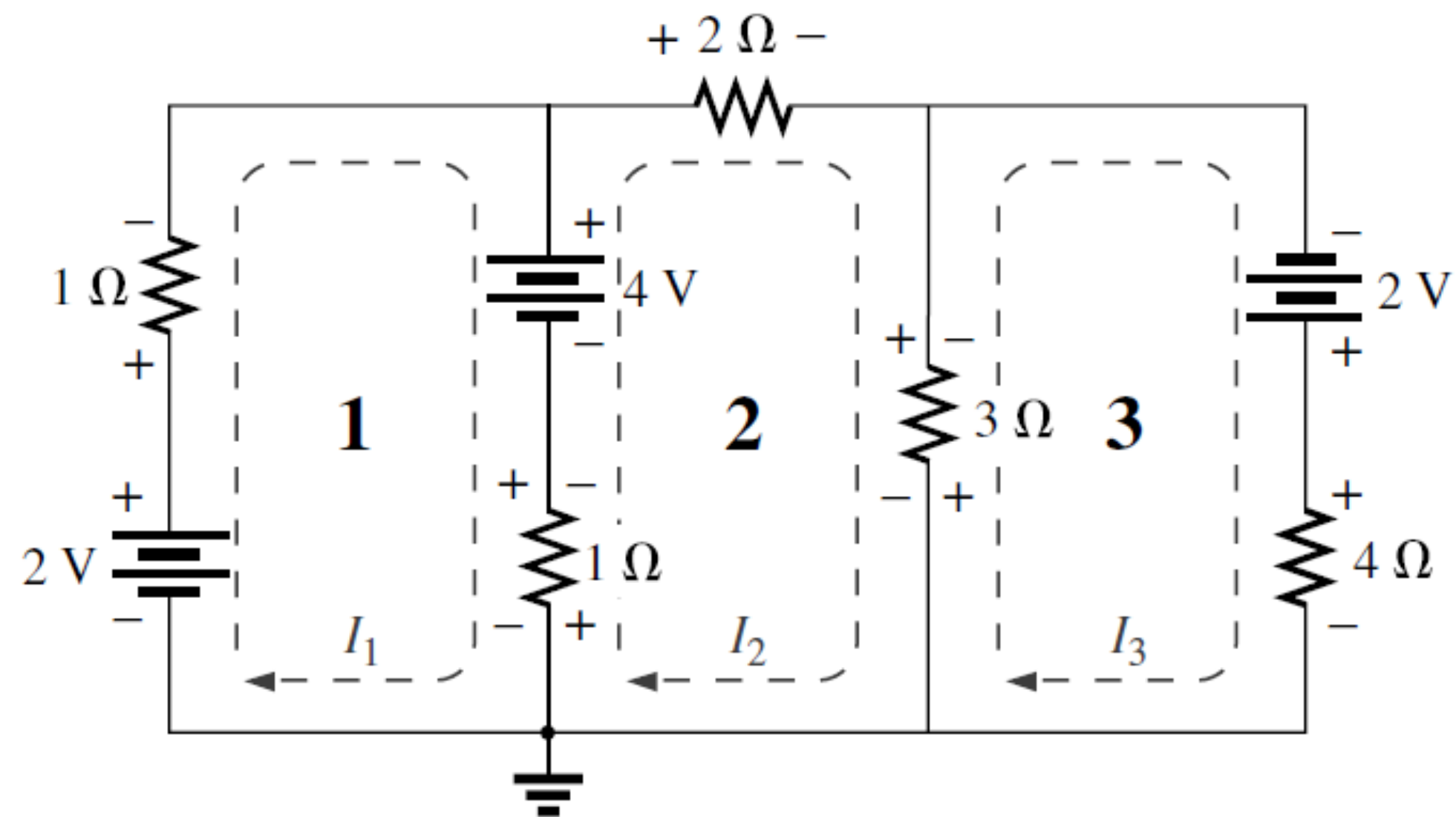
$$P_{Rs} = R_s \cdot i^2 = 2 \cdot 1^2 = 2W$$

$$P_i = P_{RL} + P_{Rs} = 10 + 2 = 12W$$

$$\eta = \frac{P_o}{P_i} = \frac{P_{RL}}{P_i} = \frac{10}{12} = 0,83 = 83\%$$

Próxima Aula

Análise de malhas



Fonte: Capítulo 8 - Métodos de análise de circuitos do livro *Análise de Circuitos* de Robert L. Boylestad, Pearson, 2012.