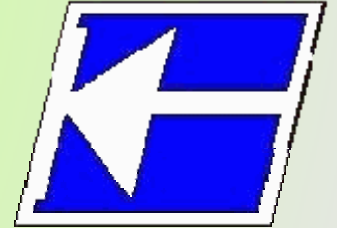


**Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina**  
**Departamento Acadêmico de Eletrônica**  
**Conversores Estáticos**



# **Retificadores Monofásicos**

## **Não-Controlados**

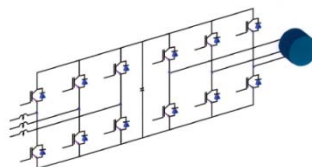
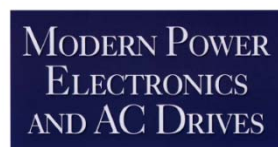
**Prof. Clóvis Antônio Petry.**

**Florianópolis, fevereiro de 2008.**

# Bibliografia para esta aula

## Capítulo 5: Retificadores monofásicos não-controlados

1. Retificador monofásico de onda completa com transformador em derivação;
2. Retificador monofásico de onda completa em ponte.



BIMAL K. BOSE

# Nesta aula

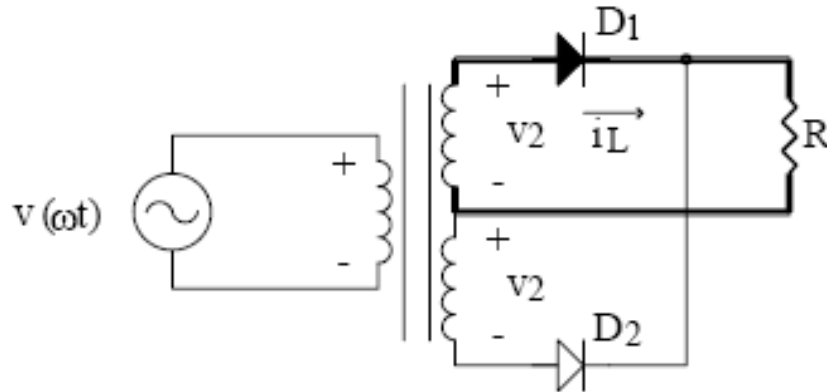
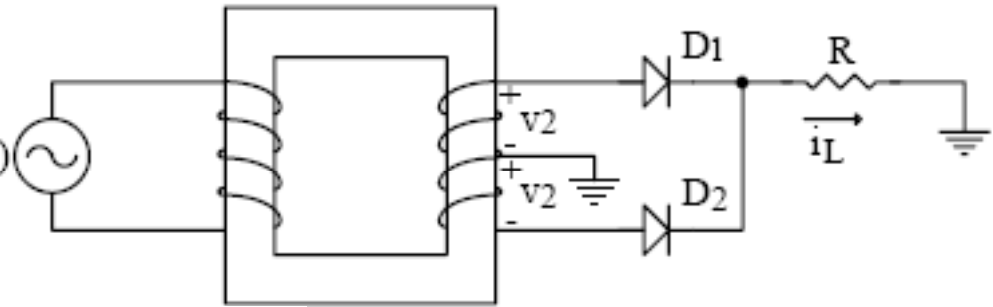
## Retificadores monofásicos não-controlados:

1. Introdução;
2. Retificador monofásico de onda completa com ponto médio:
  - Carga resistiva;
  - Carga RL;
  - Uso do transformador;
  - Fator de potência.
3. Retificador monofásico de onda completa em ponte:
  - Carga resistiva;
  - Carga RL;
  - Uso do transformador;
  - Fator de potência.

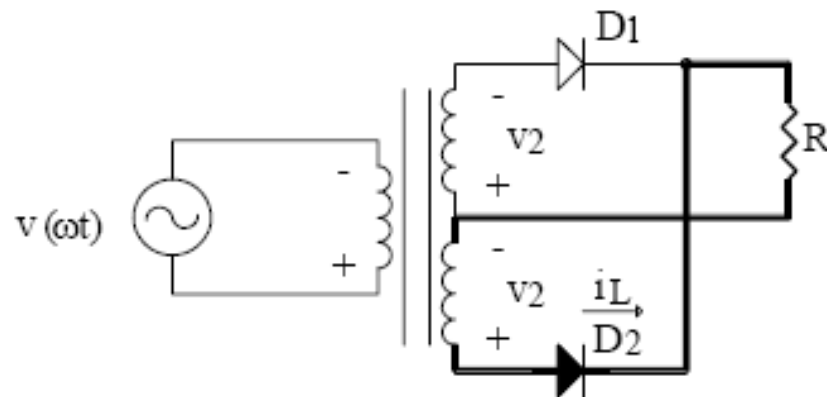
# Retificador 1φ de onda completa com ponto médio

## Carga resistiva pura:

Circuito do retificador  $v(\omega t)$



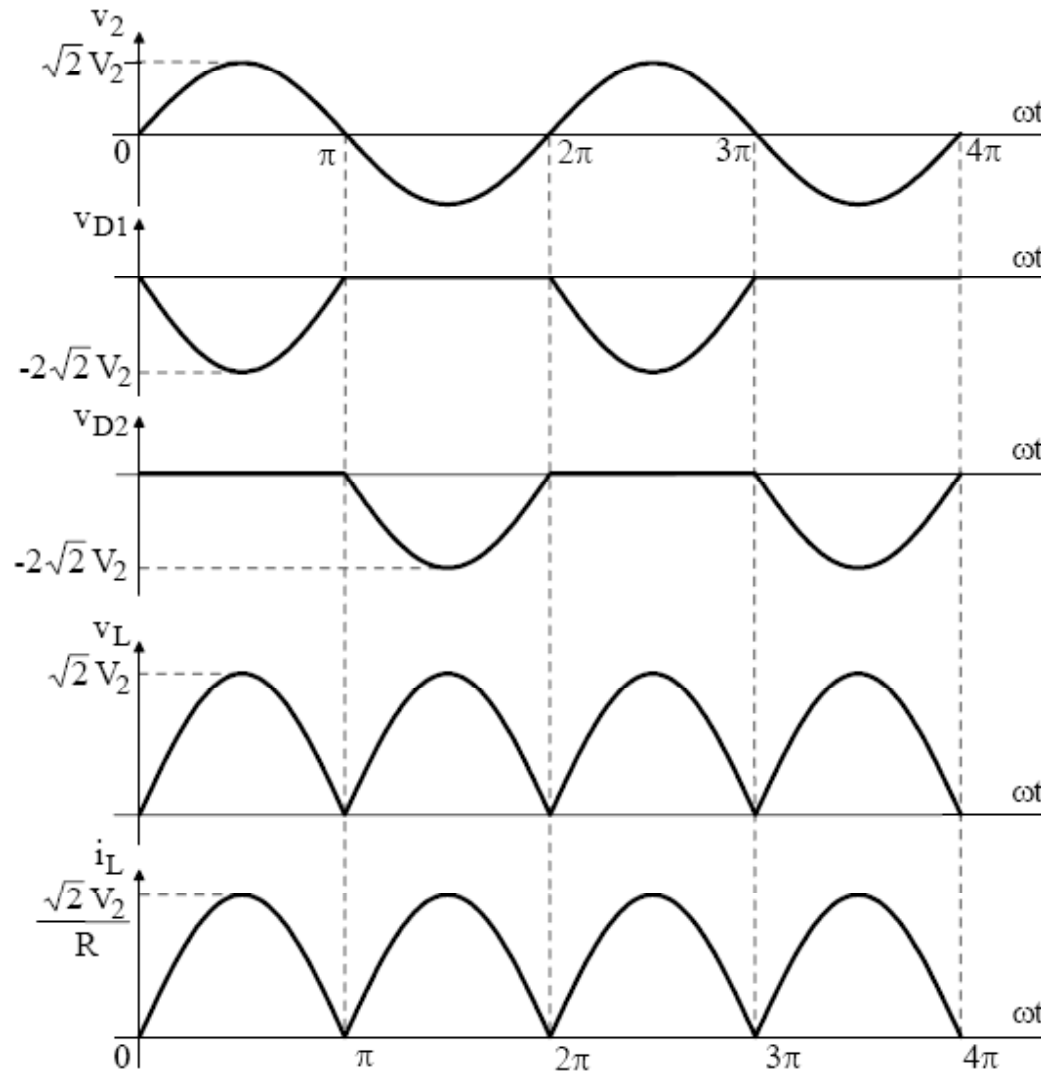
Primeira etapa de funcionamento



Segunda etapa de funcionamento

# Retificador 1φ de onda completa com ponto médio

Carga resistiva pura:



# Retificador 1φ de onda completa com ponto médio

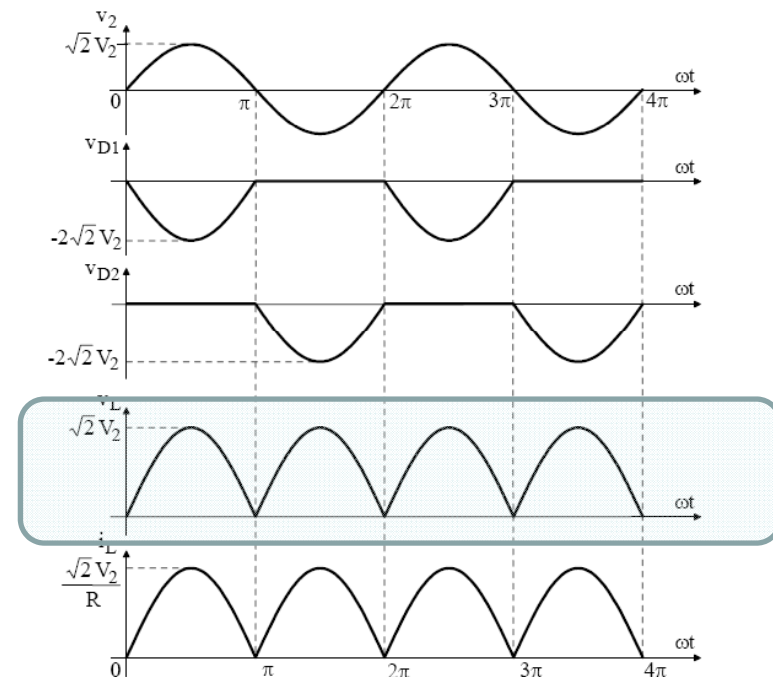
## Carga resistiva pura:

Tensão média na carga:

$$v(\omega t) = \sqrt{2} \cdot V_2 \cdot \text{sen}(\omega t)$$

$$V_{Lmed} = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} \sqrt{2} \cdot V_2 \cdot \text{sen}(\omega t) \cdot d(\omega t)$$

$$V_{Lmed} = \frac{2\sqrt{2} \cdot V_2}{\pi} \cong 0,9 \cdot V_2$$



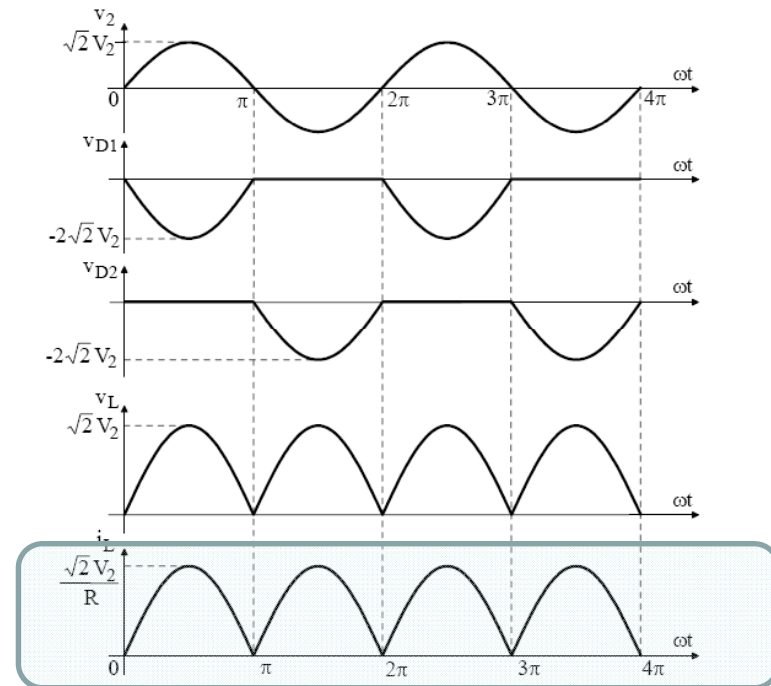
# Retificador 1φ de onda completa com ponto médio

## Carga resistiva pura:

Corrente média na carga:

$$I_{Lmed} = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} \frac{\sqrt{2} \cdot V_2}{R} \cdot \text{sen}(\omega t) \cdot d(\omega t)$$

$$I_{Lmed} = \frac{2\sqrt{2} \cdot V_2}{\pi \cdot R} \cong \frac{0,9 \cdot V_2}{R} = \frac{V_{Lmed}}{R}$$



# Retificador 1φ de onda completa com ponto médio

## Carga resistiva pura:

Esforços nos diodos (em cada um):

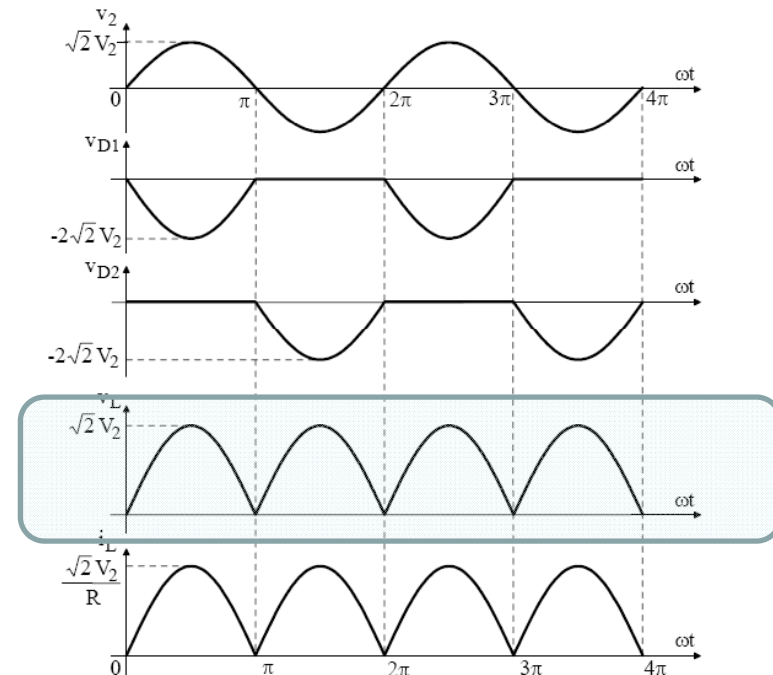
$$V_{Dp} = 2\sqrt{2} \cdot V_2$$

$$I_{Dp} = \frac{\sqrt{2} \cdot V_2}{R}$$

$$I_{Dmed} = \frac{2\sqrt{2} \cdot V_2}{\pi \cdot R}$$

$$I_{Def} = \frac{V_2}{\sqrt{2} \cdot R} \cong 0,707 \frac{V_2}{R}$$

- Tensão de pico reversa;
- Corrente de pico;
- Corrente média;
- Corrente eficaz.





# Retificador 1φ de onda completa com ponto médio

## Carga resistiva pura:

Fator de potência:

$$FP = \frac{P}{S}$$

$$\text{Fator de potência} = \frac{\text{Potência ativa}}{\text{Potência aparente}}$$

$$S = V_{ef} \cdot I_{ef}$$

$$P = R \cdot I_{ef}^2$$

Demonstrar que:

$$FP = 1$$

$$P = V_{ef} \cdot I_{ef} \cdot \cos(\theta)$$



Fator de deslocamento

# Retificador 1φ de onda completa com ponto médio

Carga resistiva pura:

Eficiência do retificador:

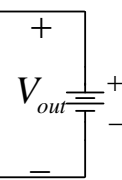
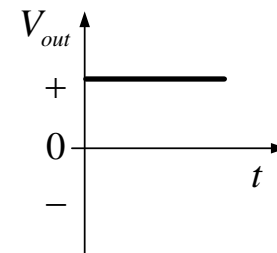
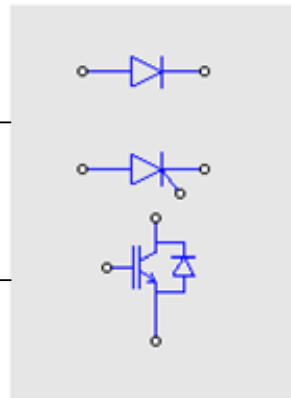
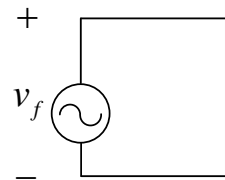
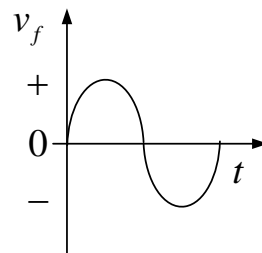
$$P_{AC} = V_{ef} \cdot I_{ef}$$

$$P_{AC} = V_2 \cdot \frac{V_2}{\sqrt{2} \cdot R} = \frac{V_2^2}{\sqrt{2} \cdot R}$$

$$P_{DC} = V_{Lmed} \cdot I_{Lmed}$$

$$P_{DC} = \frac{2\sqrt{2} \cdot V_2}{\pi} \cdot \frac{2\sqrt{2} \cdot V_2}{\pi \cdot R} = \frac{8 \cdot V_2^2}{\pi^2 \cdot R}$$

$$\eta = \frac{P_{DC}}{P_{AC}} = \frac{\frac{8 \cdot V_2^2}{\pi^2 \cdot R}}{2 \frac{V_2^2}{\sqrt{2} \cdot R}}$$



$$\eta = \frac{4\sqrt{2}}{\pi^2} \cong 0,573$$

# Retificador 1 $\phi$ de onda completa com ponto médio

## Carga resistiva pura:

Eficiência do retificador, se for usado um transformador:

$$\eta = \frac{4\sqrt{2}}{\pi^2} \cong 0,573$$

$$S_{\text{trafo}} = \frac{P_{AC}}{P_{DC}} = \frac{1}{\eta} = \frac{\pi^2}{4\sqrt{2}} \cong 1,75$$

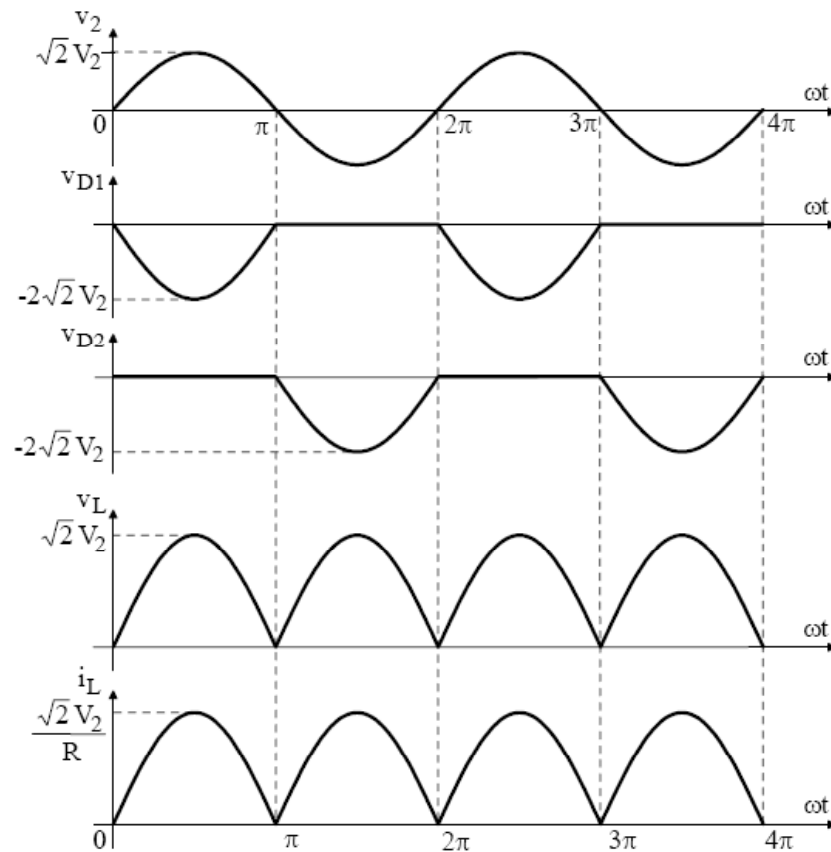
Significa o uso de um transformador 1,75 vezes maior.

# Retificador 1φ de onda completa com ponto médio

**Carga resistiva pura:**

Ângulo de condução dos diodos:

$$\beta = \pi = 180^\circ$$



# Retificador 1 $\phi$ de onda completa com ponto médio

**Carga resistiva pura:**

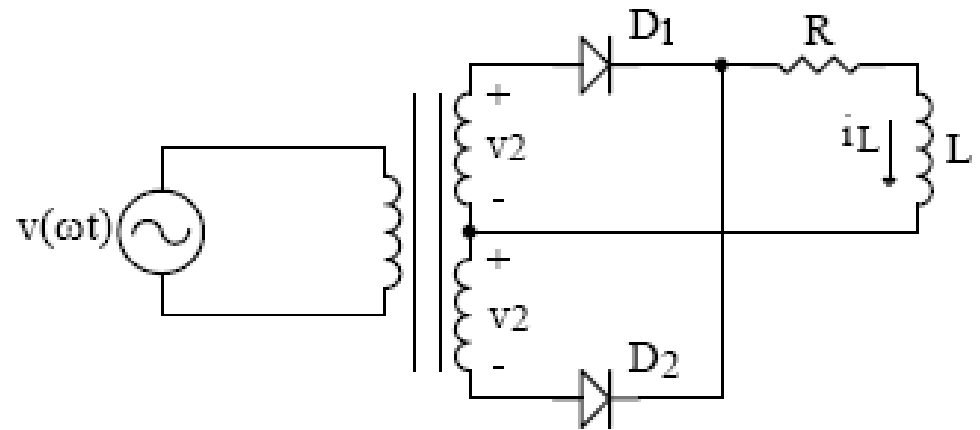
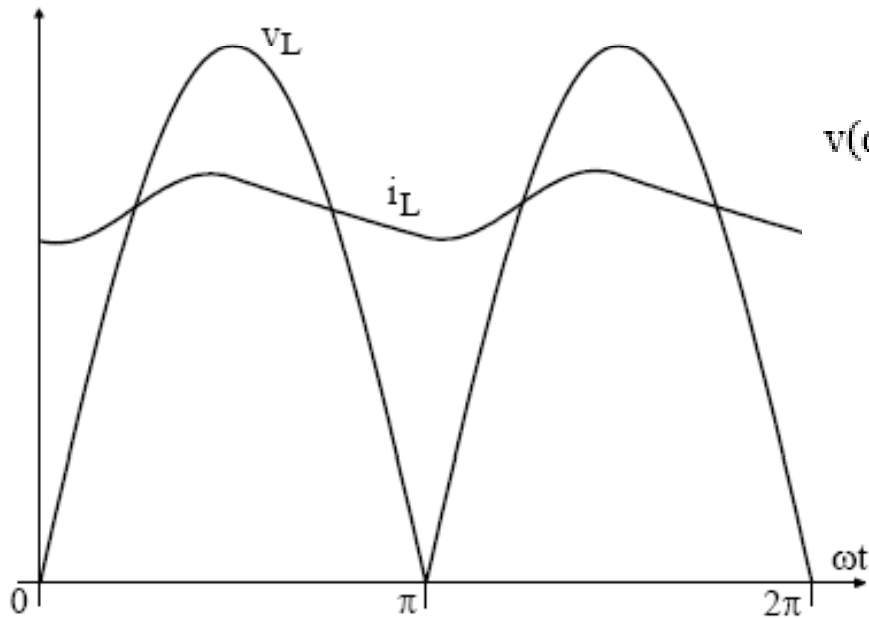
**Tarefa:**

Estudar o exemplo numérico 5, do  
Capítulo 2 – Retificadores a diodo.



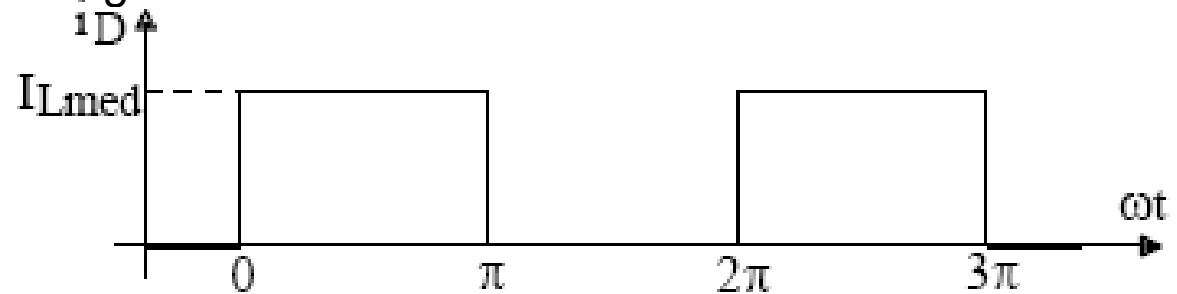
# Retificador 1φ de onda completa com ponto médio

Carga RL:



Circuito do retificador

Tensão e corrente na carga



Corrente nos diodos

# Retificador 1φ de onda completa com ponto médio

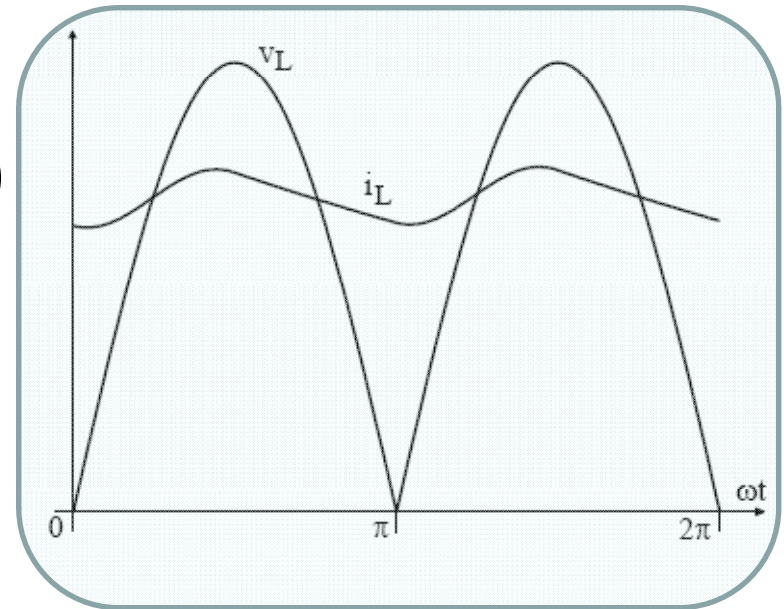
## Carga RL:

Tensão média na carga:

$$v(\omega t) = \sqrt{2} \cdot V_2 \cdot \text{sen}(\omega t)$$

$$V_{Lmed} = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} \sqrt{2} \cdot V_2 \cdot \text{sen}(\omega t) \cdot d(\omega t)$$

$$V_{Lmed} = \frac{2\sqrt{2} \cdot V_2}{\pi} \cong 0,9 \cdot V_2$$



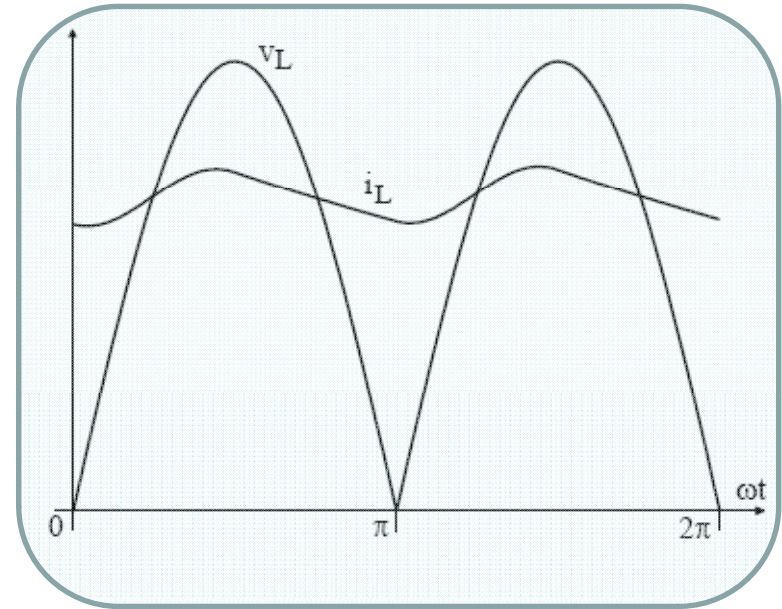
# Retificador 1φ de onda completa com ponto médio

## Carga RL:

Corrente média na carga e em cada diodo:

$$I_{Lmed} = \frac{2\sqrt{2} \cdot V_2}{\pi \cdot R} \approx 0,9 \frac{V_2}{R} = \frac{V_{Lmed}}{R}$$

$$I_{Dmed} = \frac{0,45 \cdot V_2}{R}$$



Se a condução for contínua e a corrente possuir pouca ondulação, ou seja, a constante de tempo do circuito for muito grande, então pode-se considerar:

$$I_{Lef} \approx I_{Lmed}$$



# Retificador 1φ de onda completa com ponto médio

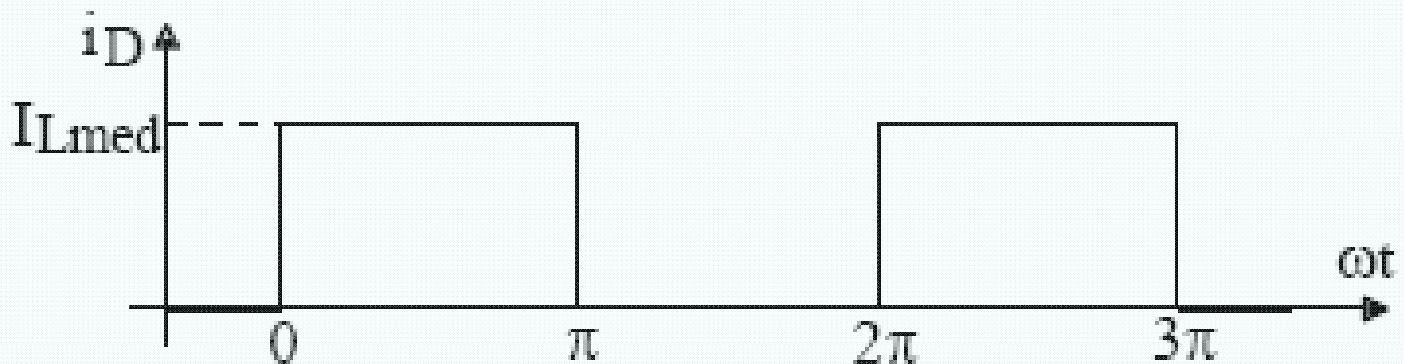
## Carga RL:

Corrente eficaz em cada diodo:

$$I_{Def} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} (I_{Lmed})^2 \cdot d(\omega t)}$$

$$I_{Def} = 0,707 \cdot I_{Lmed}$$

Para condução contínua e corrente com pouca ondulação, ou seja, se a constante de tempo do circuito for muito grande.

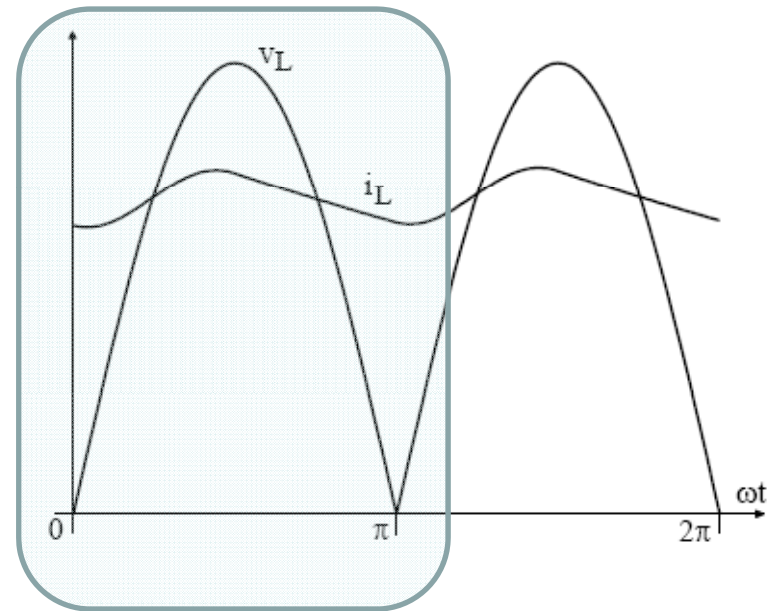


# Retificador 1φ de onda completa com ponto médio

## Carga RL:

Ângulo de condução dos diodos:

$$\beta = \pi = 180^\circ$$



# Retificador 1 $\phi$ de onda completa com ponto médio

## Carga RL:

### Tarefa:

Estudar o exemplo numérico 6, do Capítulo 2 – Retificadores a diodo.

Além disso, determinar:

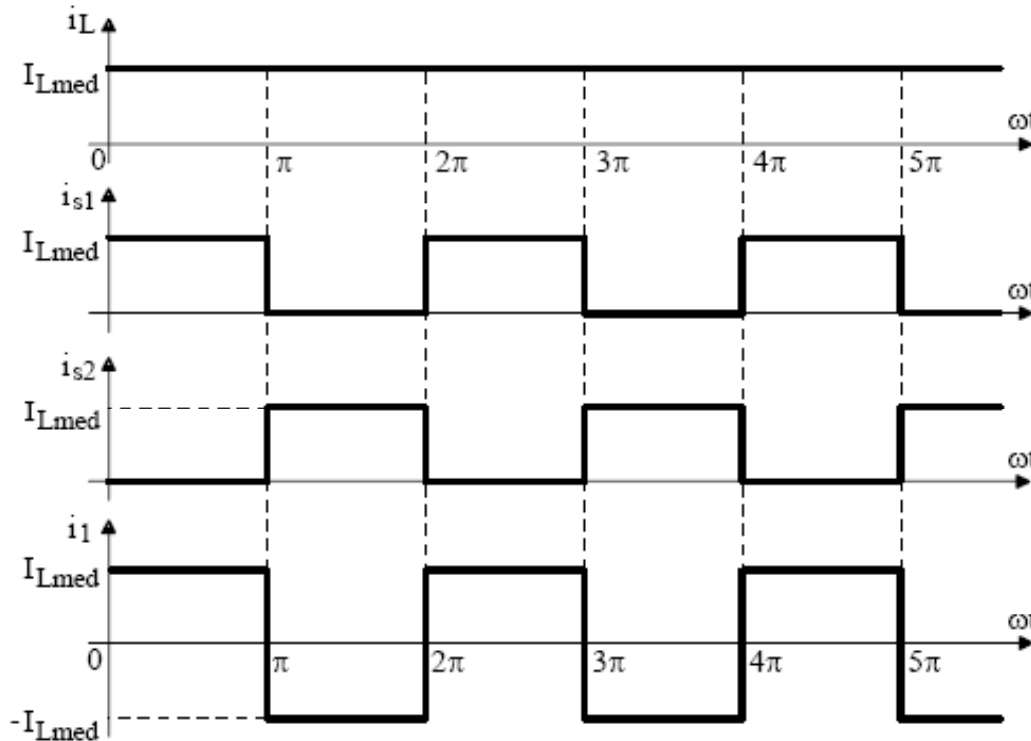
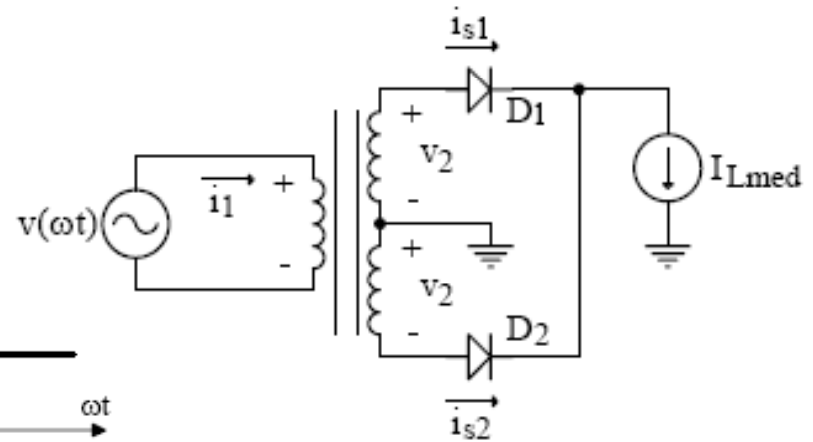
- Tensão reversa no diodo;
- Corrente de pico no diodo.



# Retificador 1φ de onda completa com ponto médio

Estudo do comportamento do transformador:

Circuito do retificador:



# Retificador 1φ de onda completa com ponto médio

Estudo do comportamento do transformador:

$$I_{S1ef} = I_{S2ef} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} (I_{Lmed})^2 \cdot d(\omega t)}$$

$$I_{S1ef} = I_{S2ef} = 0,707 \cdot I_{Lmed}$$

$$S_{s1} = V_{2ef} \cdot I_{s1ef}$$

$$V_{2ef} = \frac{V_{Lmed}}{0,9}$$

$$S_{s1} = \frac{V_{Lmed}}{0,9} \cdot 0,707 \cdot I_{Lmed}$$

$$S_{s1} = 0,785 \cdot V_{Lmed} \cdot I_{Lmed}$$

$$S_2 = S_{s1} + S_{s2} = 1,57 \cdot V_{Lmed} \cdot I_{Lmed}$$

$$P_L = V_{Lmed} \cdot I_{Lmed}$$

$$S_2 = 1,57 \cdot P_L$$

Significa o uso de um transformador 1,57 vezes maior que a carga.

# Retificador 1 $\phi$ de onda completa com ponto médio

## Carga RL:

### Tarefa:

Estudar o exemplo numérico 7, do Capítulo 2 – Retificadores a diodo.

Além disso, determinar:

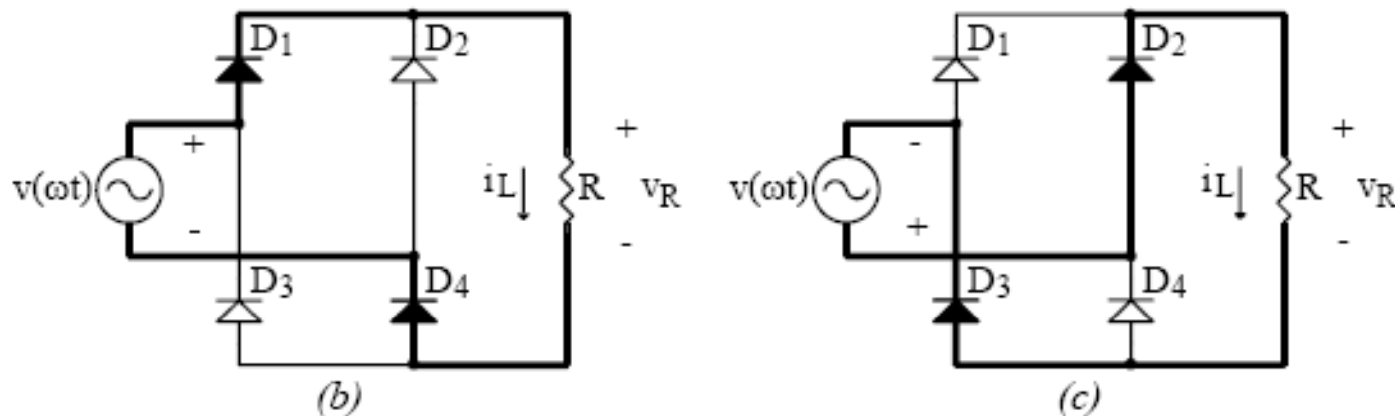
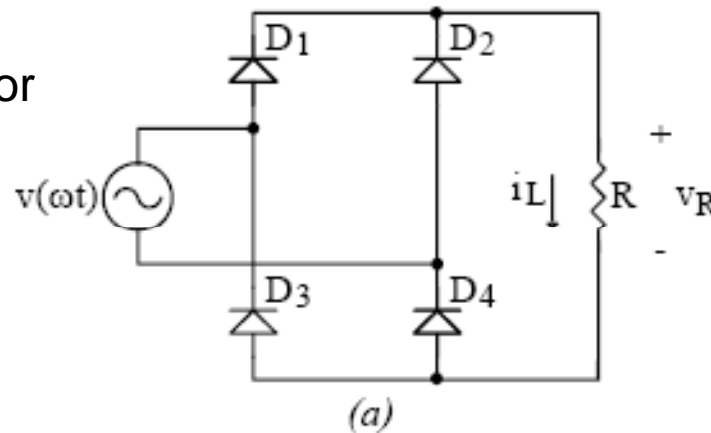
- Tensão reversa no diodo;
- Corrente de pico no diodo;
- Fator de potência na fonte.



# Retificador 1φ de onda completa em ponte

Carga resistiva:

Circuito do retificador



Etapas de operação

# Retificador 1φ de onda completa em ponte

## Carga resistiva:

Tensão e corrente média na carga:

$$V_{Lmed} = \frac{2\sqrt{2} \cdot V_2}{\pi} \cong 0,9 \cdot V_2$$

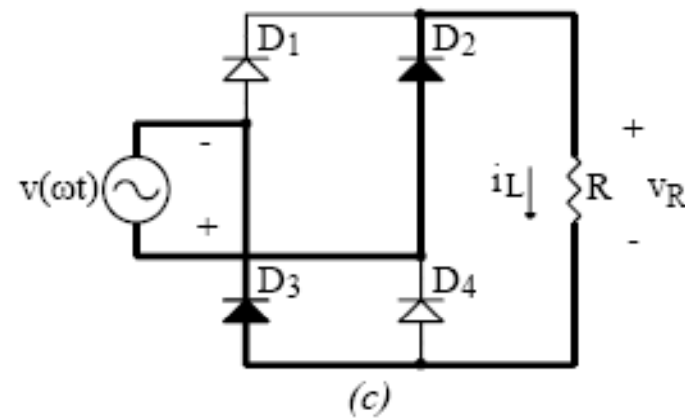
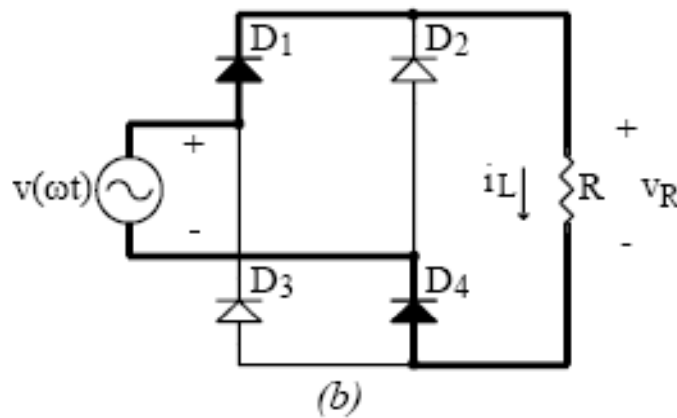
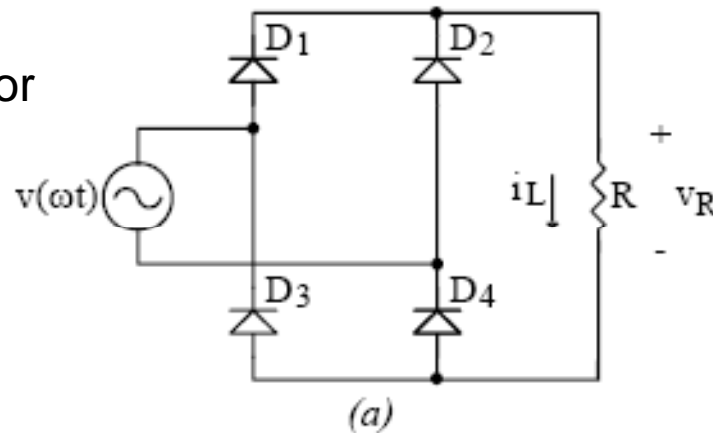
$$I_{Lmed} = \frac{2\sqrt{2} \cdot V_o}{\pi R} \cong \frac{0,9 \cdot V_o}{R}$$



# Retificador 1 $\phi$ de onda completa em ponte

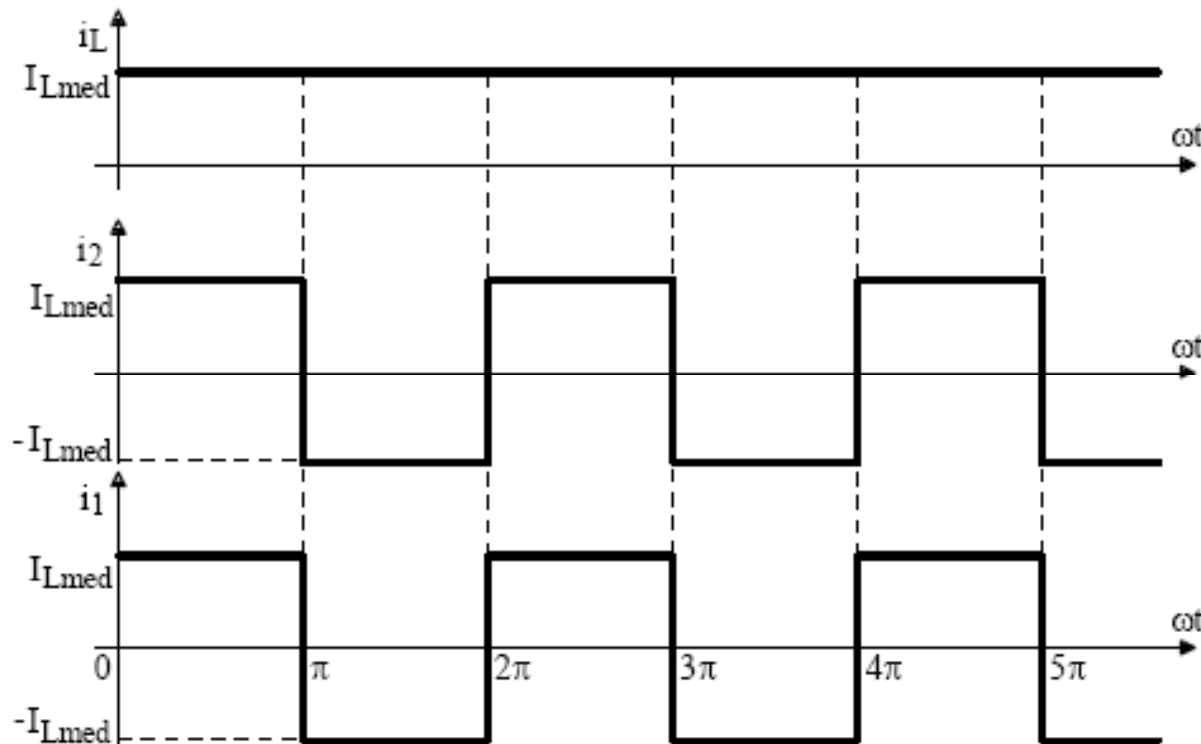
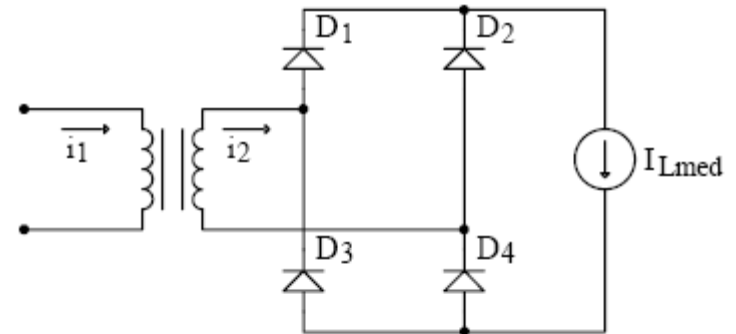
**Carga RL = Carga resistiva pura:**

Circuito do retificador



# Retificador 1φ de onda completa em ponte

Estudo do comportamento do transformador (carga RL):



# Retificador 1φ de onda completa em ponte

Estudo do comportamento do transformador (carga RL):

$$I_{2ef} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} (I_{Lmed})^2 \cdot d(\omega t)}$$

$$I_{2ef} = I_{Lmed}$$

$$V_{2ef} = \frac{V_{Lmed}}{0,9}$$

$$S_2 = V_{2ef} \cdot I_{s2ef} = \frac{V_{Lmed} \cdot I_{Lmed}}{0,9}$$

$$S_2 = 1,11 \cdot V_{Lmed} \cdot I_{Lmed}$$

$$P_L = V_{Lmed} \cdot I_{Lmed}$$

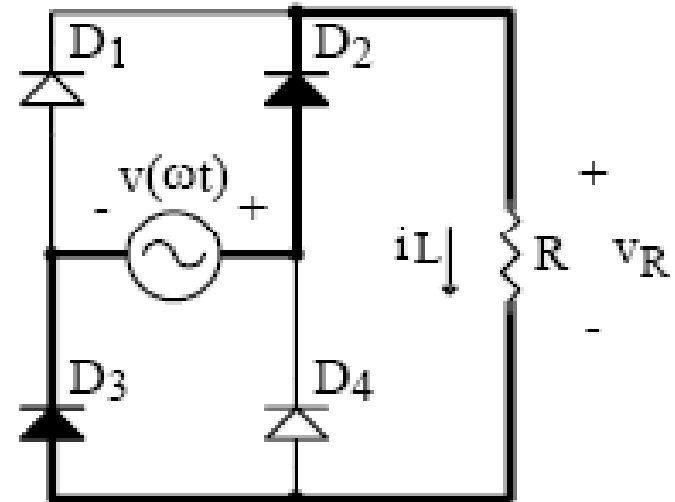
$$S_2 = 1,11 \cdot P_L$$

Significa o uso de um transformador 1,11 vezes maior que a carga.

# Retificador 1φ de onda completa em ponte

Tensão de pico reversa nos diodos:

$$V_{Dp} = \sqrt{2} \cdot V_2$$



# Retificador 1 $\phi$ de onda completa em ponte

## Carga RL com diodo de roda-livre:

### Tarefa:

Estudar o exemplo numérico 8, do Capítulo 2 – Retificadores a diodo.

Além disso, determinar:

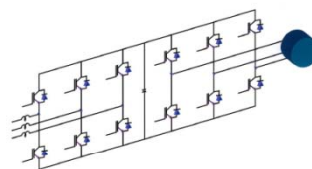
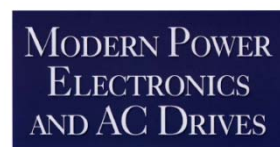
- Tensão reversa no diodo;
- Corrente de pico no diodo;
- Fator de potência na fonte.



# Próxima aula

## Conversores CA-CC:

1. Semicondutores aplicados aos conversores CA-CC (tiristores);
2. Retificadores monofásicos controlados.



BIMAL K. BOSE