



UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
CURSO DE ENGENHARIA INDUSTRIAL ELÉTRICA

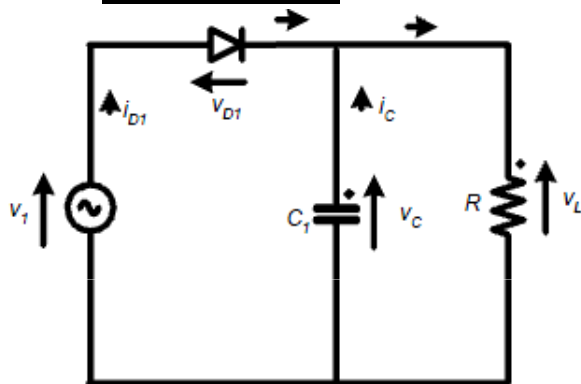
Disciplina de Eletrônica de Potência – ET66B
Aula 8 – Retificador monofásico a diodo com filtro capacitivo

Prof. Amauri Assef
amauriassef@utfpr.edu.br

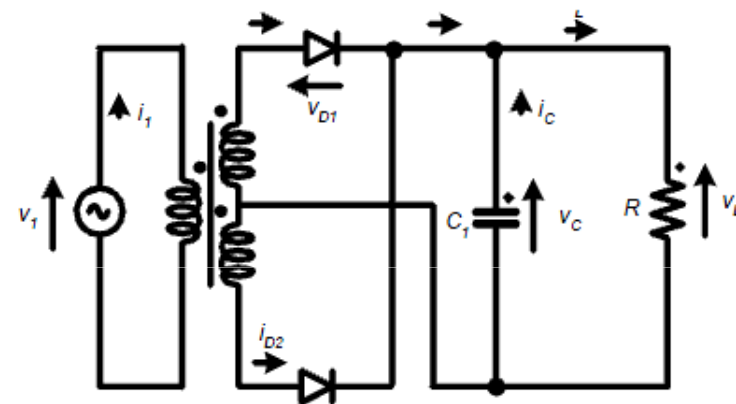
Eletrônica de Potência – RETIFICADORES A DIODO

■ Principais topologias

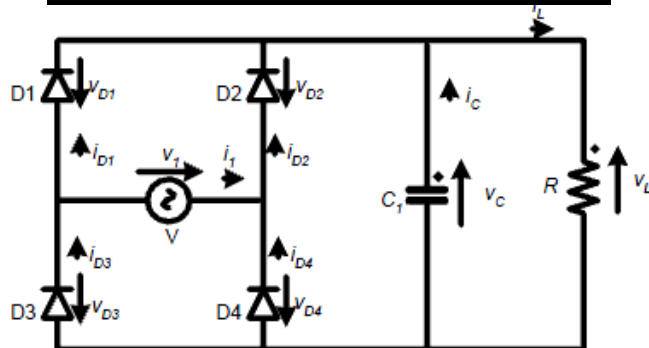
Meia onda



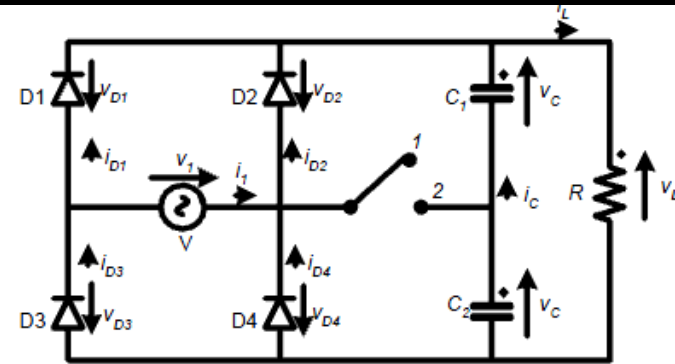
Onda completa com ponto médio



Onda completa em ponte

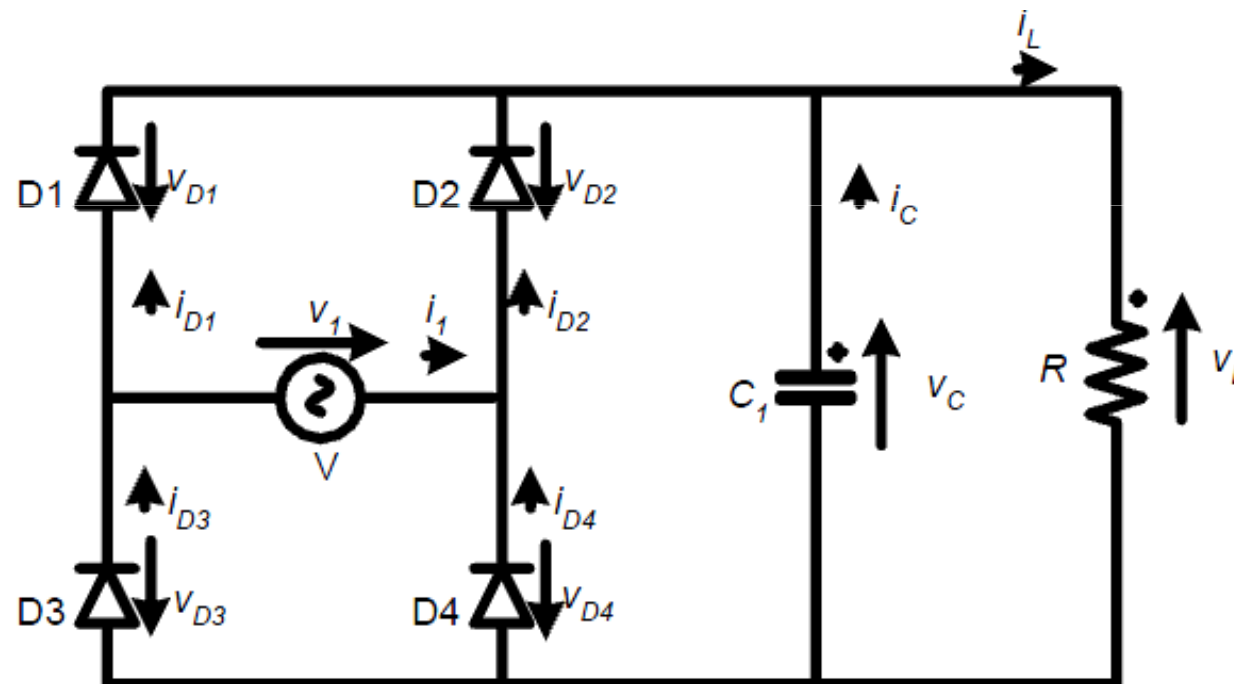


Onda completa dobrador de tensão



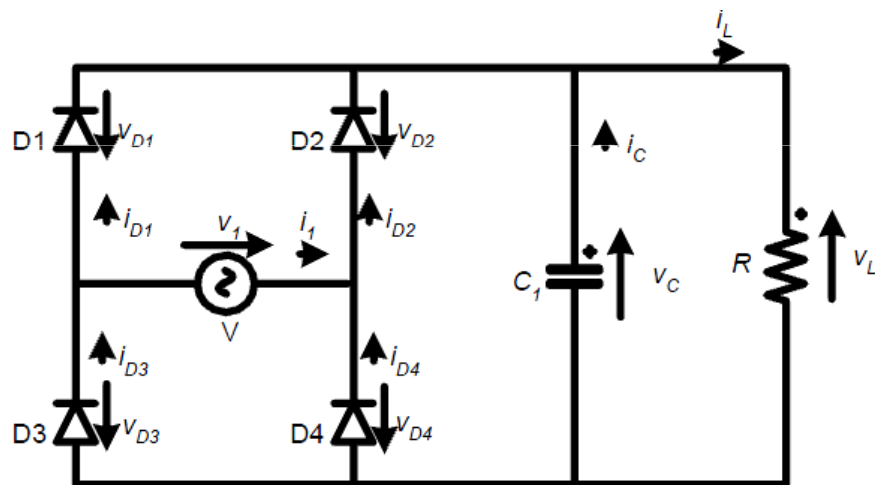
Eletrônica de Potência – RETIFICADORES A DIODO

- Onda completa em ponte
- Etapas de funcionamento:

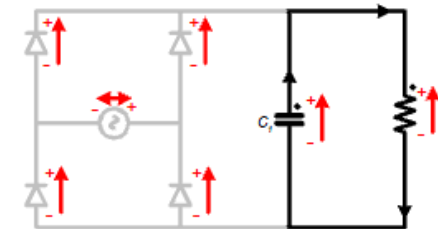


Eletrônica de Potência – RETIFICADORES A DIODO

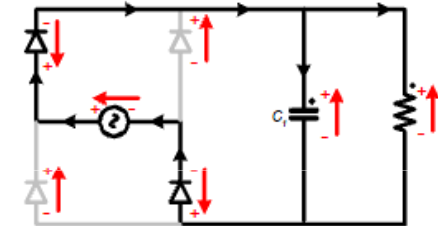
■ Etapas de funcionamento:



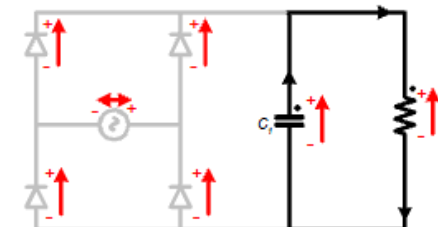
Etapa 1
 $\theta_4 \leq \omega t \leq \theta_1$



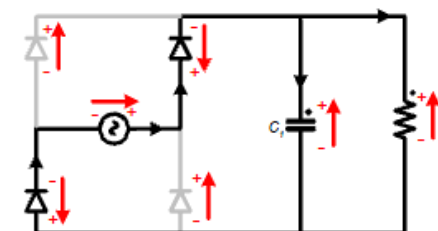
Etapa 2
 $\theta_1 \leq \omega t \leq \theta_2$



Etapa 3
 $\theta_2 \leq \omega t \leq \theta_3$



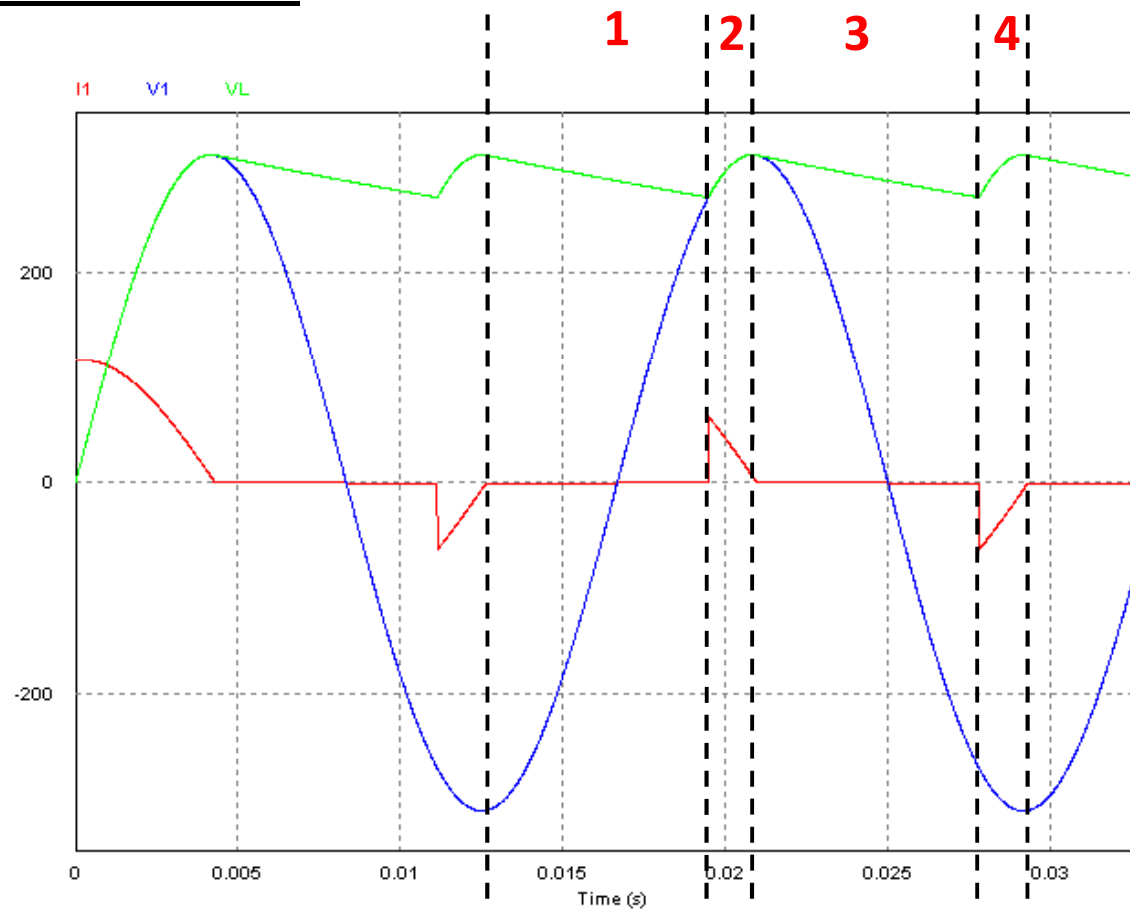
Etapa 4
 $\theta_3 \leq \omega t \leq \theta_4$



Eletrônica de Potência – RETIFICADORES A DIODO

■ Formas de onda

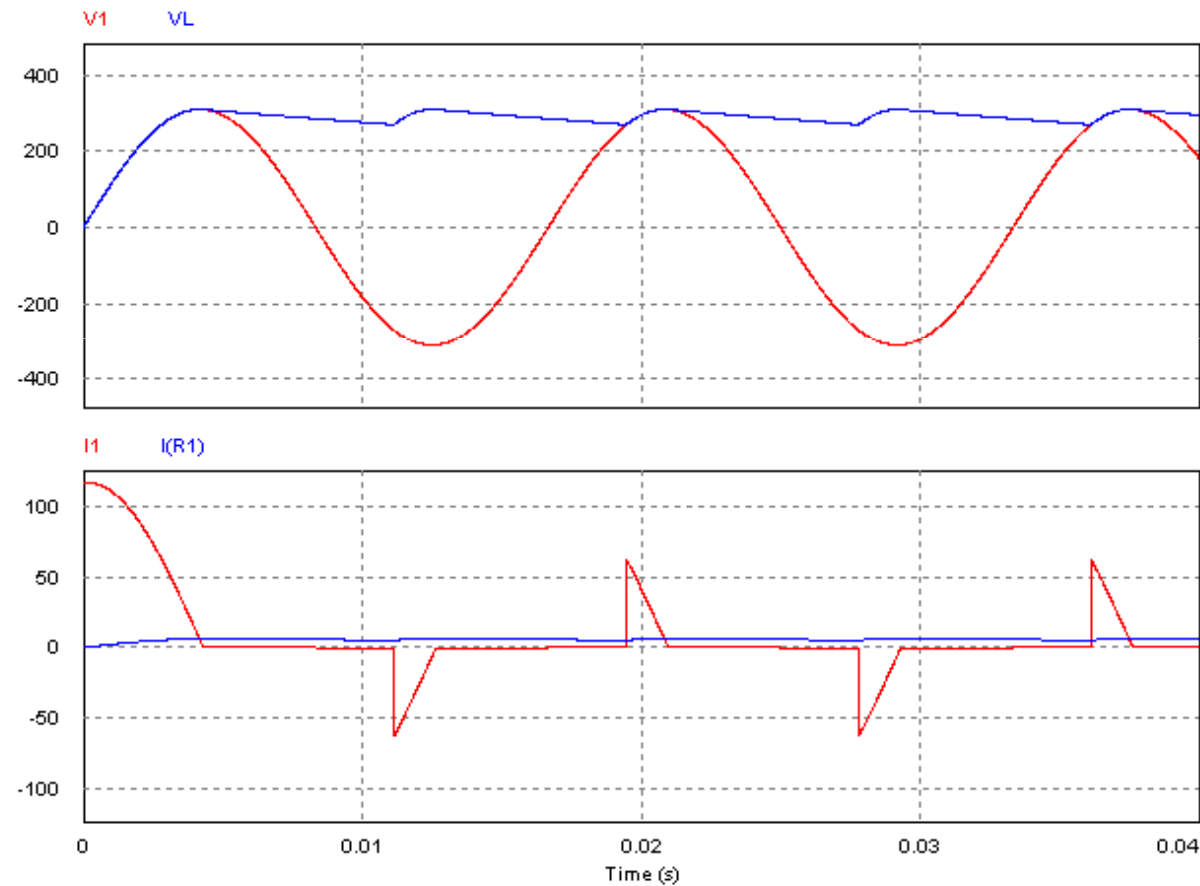
$V_o = 220V$
 $f = 60Hz$
 $C = 1000\mu F$
 $R = 50\Omega$



Eletrônica de Potência – RETIFICADORES A DIODO

■ Formas de onda

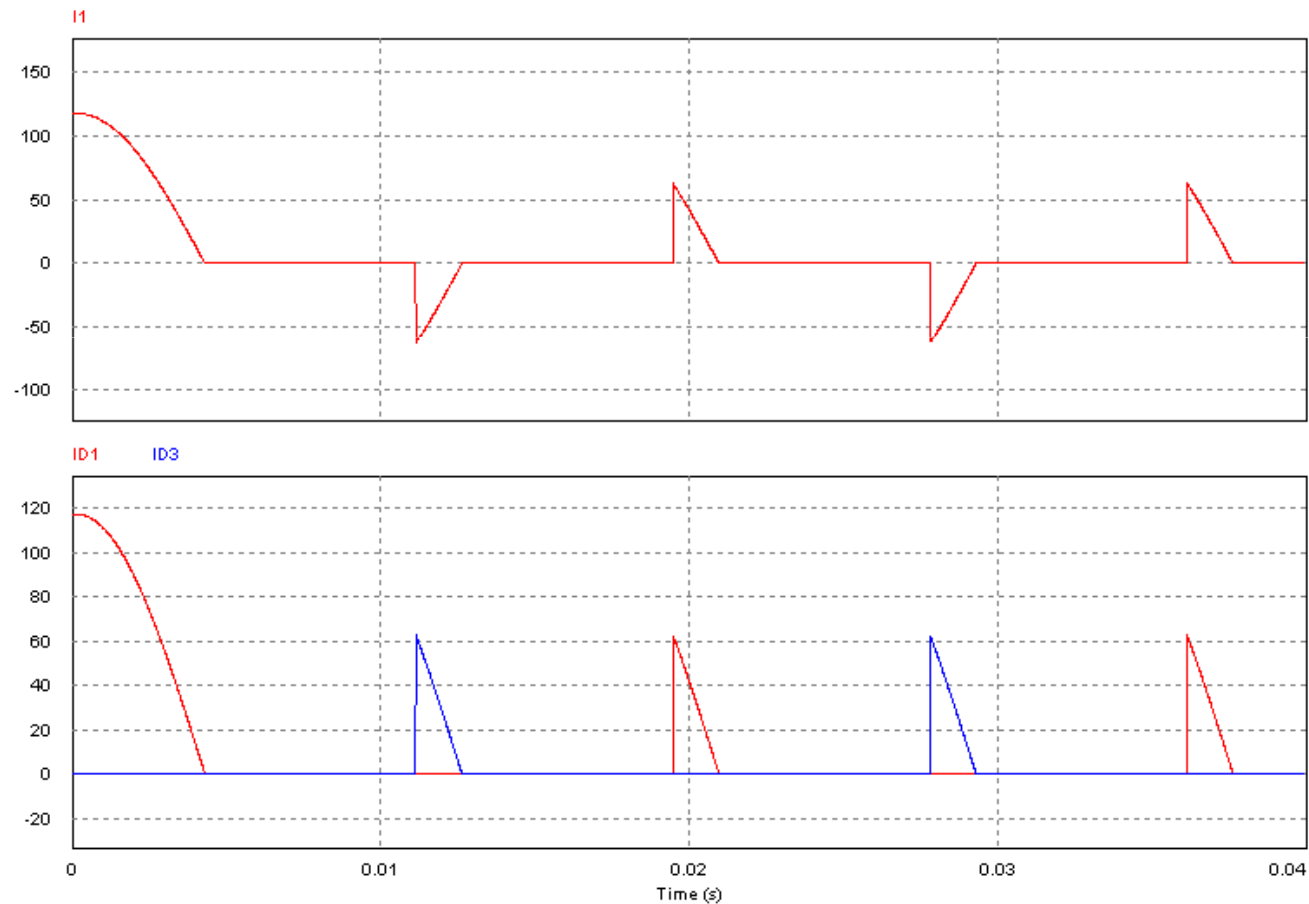
**$V_o = 220V$
 $f = 60Hz$
 $C = 1000\mu F$
 $R = 50\Omega$**



Eletrônica de Potência – RETIFICADORES A DIODO

■ Formas de onda

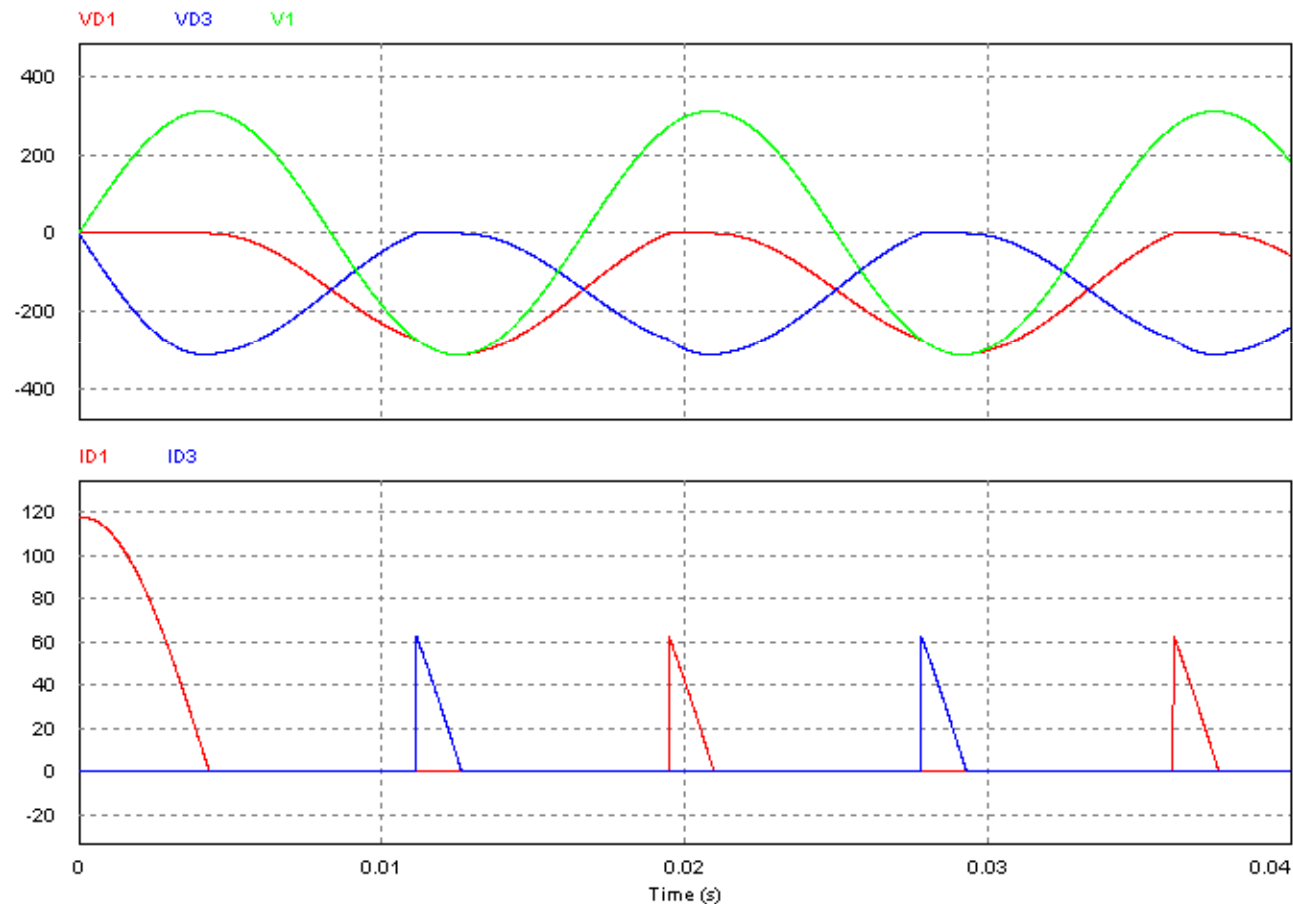
**$V_o = 220V$
 $f = 60Hz$
 $C = 1000\mu F$
 $R = 50\Omega$**



Eletrônica de Potência – RETIFICADORES A DIODO

■ Formas de onda

$V_o = 220V$
 $f = 60Hz$
 $C = 1000\mu F$
 $R = 50\Omega$



Eletrônica de Potência – RETIFICADORES A DIODO

- Seja a expressão $V_{C\min} = V_{pk} \cos(2\pi f t_c)$
- Assim o intervalo de condução dos diodos ou **tempo de recarga de C** é:

$$t_c = \frac{\arccos(V_{C\min} / V_{pk})}{2\pi f}$$

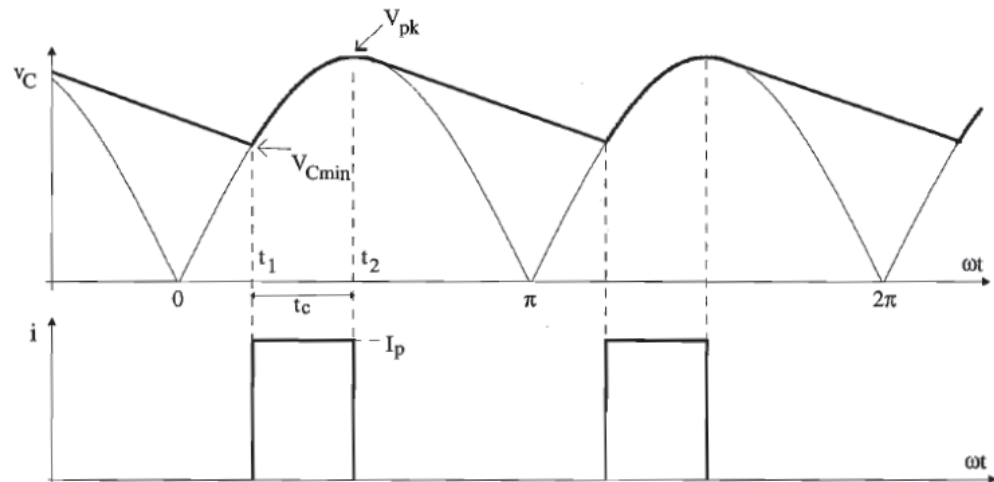


Fig. 10.2 - Tensão nos capacitores (C equivalente) e corrente na saída da ponte retificadora.

Eletrônica de Potência – RETIFICADORES A DIODO

- Quantidade de carga elétrica transferida ao capacitor:

$$\Delta Q = I_p t_c = C \Delta V$$

- Assim o valor da corrente de pico I_p durante de t_c é:

$$I_p = \frac{C \Delta V}{t_c} = \frac{C (V_{pk} - V_{Cmin})}{t_c}$$

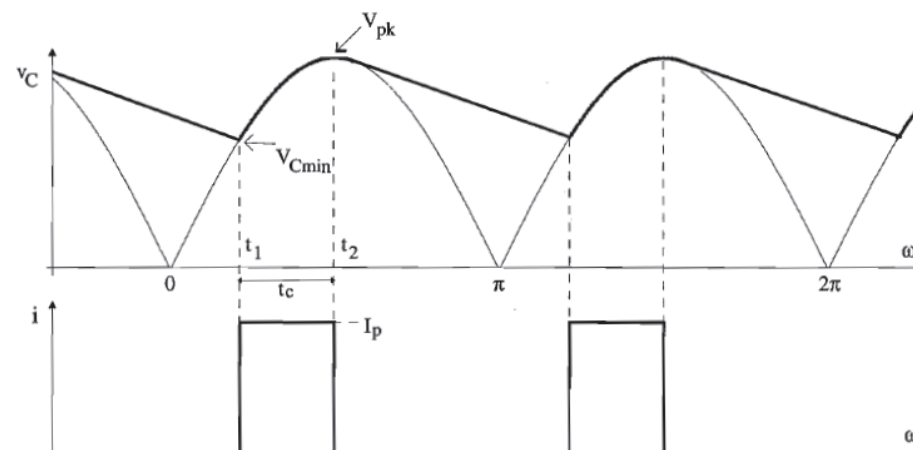


Fig. 10.2 - Tensão nos capacitores (C equivalente) e corrente na saída da ponte retificadora.

Eletrônica de Potência – RETIFICADORES A DIODO

- Energia transferida pela rede para o capacitor entre t1 e t2

$$\frac{W_{in}}{2} = \frac{1}{2} C \left(V_{pk}^2 - V_{Cmin}^2 \right)$$

- Seja a energia transferida por C à carga R em cada ciclo

$$W_{in} = \frac{P_{in}}{f}$$

- Igualando as equações, temos:

$$\frac{P_{in}}{f} = C \left(V_{pk}^2 - V_{Cmin}^2 \right)$$

$$C = \frac{P_{in}}{f \left(V_{pk}^2 - V_{Cmin}^2 \right)}$$

- **Pode-se calcular o capacitor para atender uma determinada ondulação**

Eletrônica de Potência – RETIFICADORES A DIODO

- Sejam as definições:

I_{ef} – valor eficaz da componente alternada da corrente i

I_{med} – valor médio da corrente i

I_{C1ef} – valor eficaz da corrente i

- A relação entre as correntes é definida por:

$$I_{ef} = \sqrt{I_{C1ef}^2 - I_{med}^2}$$

- Mas:

$$I_{med} = \frac{2t_c}{T} \qquad I_{C1ef} = I_p \sqrt{\frac{2t_c}{T}}$$

Eletrônica de Potência – RETIFICADORES A DIODO

- Assim:

$$I_{ef} = \sqrt{I_p^2 \frac{2t_c}{T} - I_p^2 \left(\frac{2t_c}{T} \right)^2}$$

- Portanto:

$$I_{ef} = I_p \sqrt{2t_c f - (2t_c f)^2}$$

Eletrônica de Potência – RETIFICADORES A DIODO

- Esforços nos diodos:

- Tensão reversa:

$$V_{D\max} = \sqrt{2}V_0$$

- Corrente de pico:

$$I_{D\max} = I_p$$

- Esforços no capacitor:

$$V_{C\max} = V_{pk} = \sqrt{2}V_o$$

Eletrônica de Potência – RETIFICADORES A DIODO

■ Exercício:

- Seja o estágio de entrada de uma fonte chaveada com as seguintes especificações. Calcular os parâmetros do retificador de entrada: (a) P_{in} , (b) C , (c) t_c , (d) I_p , e (e) I_{ef} .

$V_{AC} = 117V$; $V_{ACmin} = 99V$; $V_{ACmax} = 135V$; $f = 60Hz$; $V_{cmin} = 100V$; $\eta = 0,7$;

$P_{out} = 70W$.

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}}$$

$$I_p = \frac{C \Delta V}{t_c} = \frac{C (V_{pk} - V_{Cmin})}{t_c}$$

$$t_c = \frac{\arccos (V_{Cmin} / V_{pk})}{2\pi f}$$

$$I_{ef} = I_p \sqrt{2t_c f - (2t_c f)^2}$$

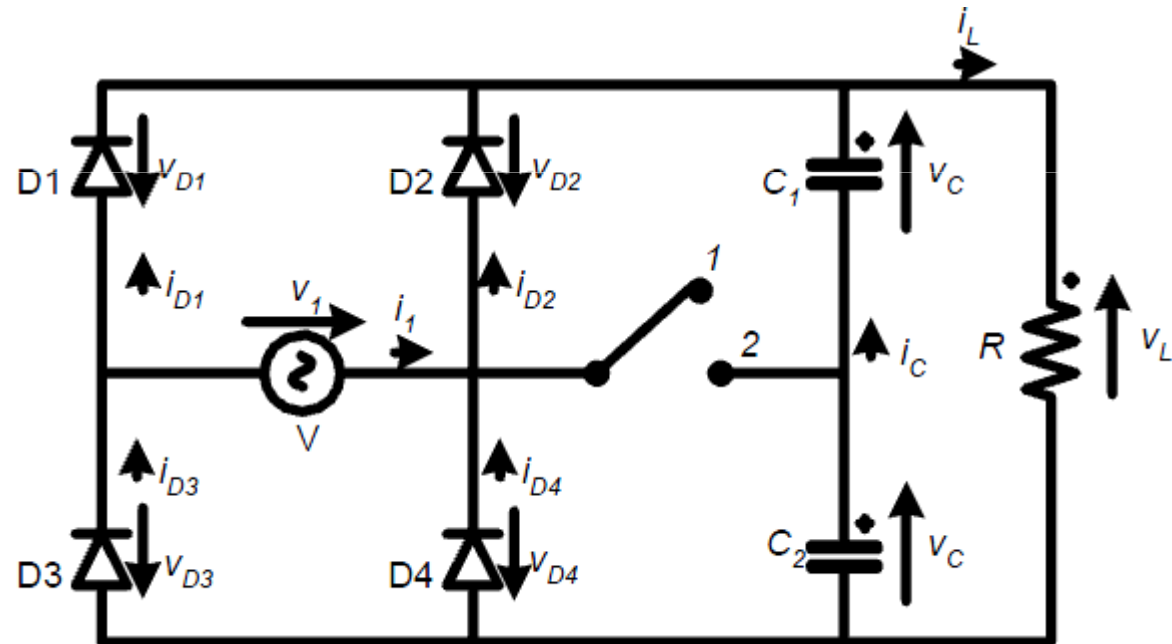
$$C = \frac{P_{in}}{f (V_{pk}^2 - V_{Cmin}^2)}$$

Eletrônica de Potência – RETIFICADORES A DIODO

- Dobrador de tensão
- Etapas de funcionamento:

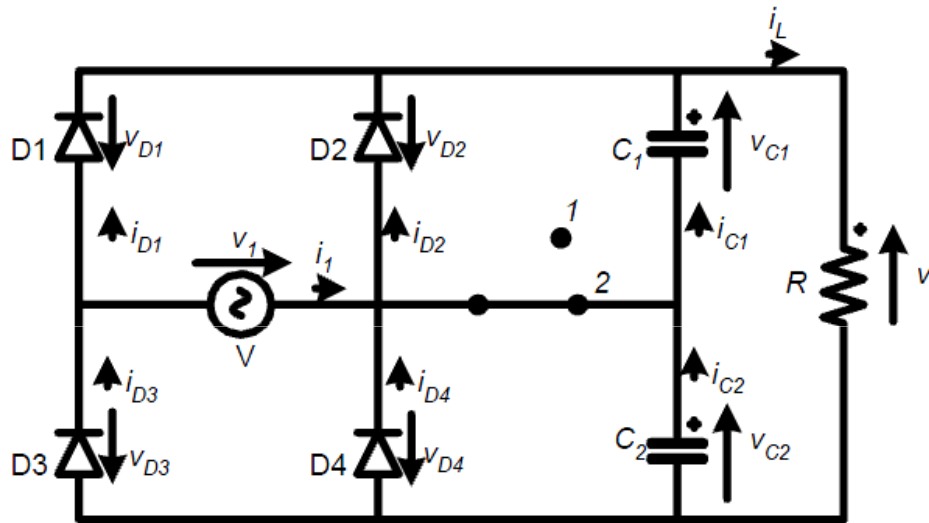
Interrupor

- 1 – Tensão $V_L = V_1$
- 2 – Tensão $V_L = 2V_1$



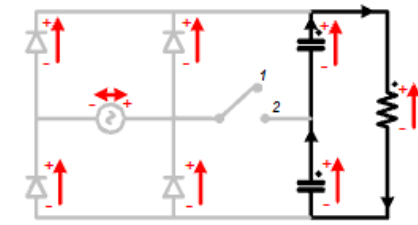
Eletrônica de Potência – RETIFICADORES A DIODO

■ Etapas de funcionamento:

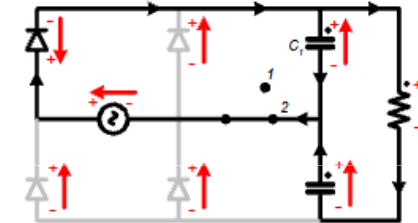


$$C_{eq} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$$

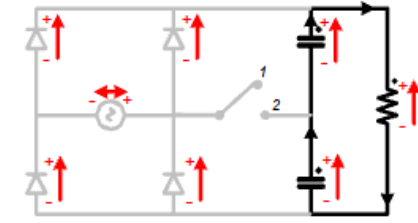
Etapa 1
 $\theta_4 \leq \omega t \leq \theta_1$



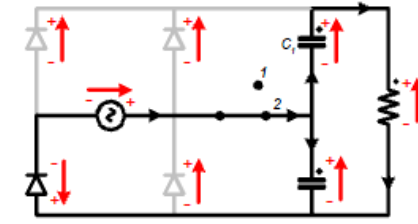
Etapa 2
 $\theta_1 \leq \omega t \leq \theta_2$



Etapa 3
 $\theta_2 \leq \omega t \leq \theta_3$



Etapa 4
 $\theta_3 \leq \omega t \leq \theta_4$



Eletrônica de Potência – RETIFICADORES A DIODO

- Mesmas equações:

$$t_c = \frac{\arccos(V_{C\min} / V_{pk})}{2\pi f}$$

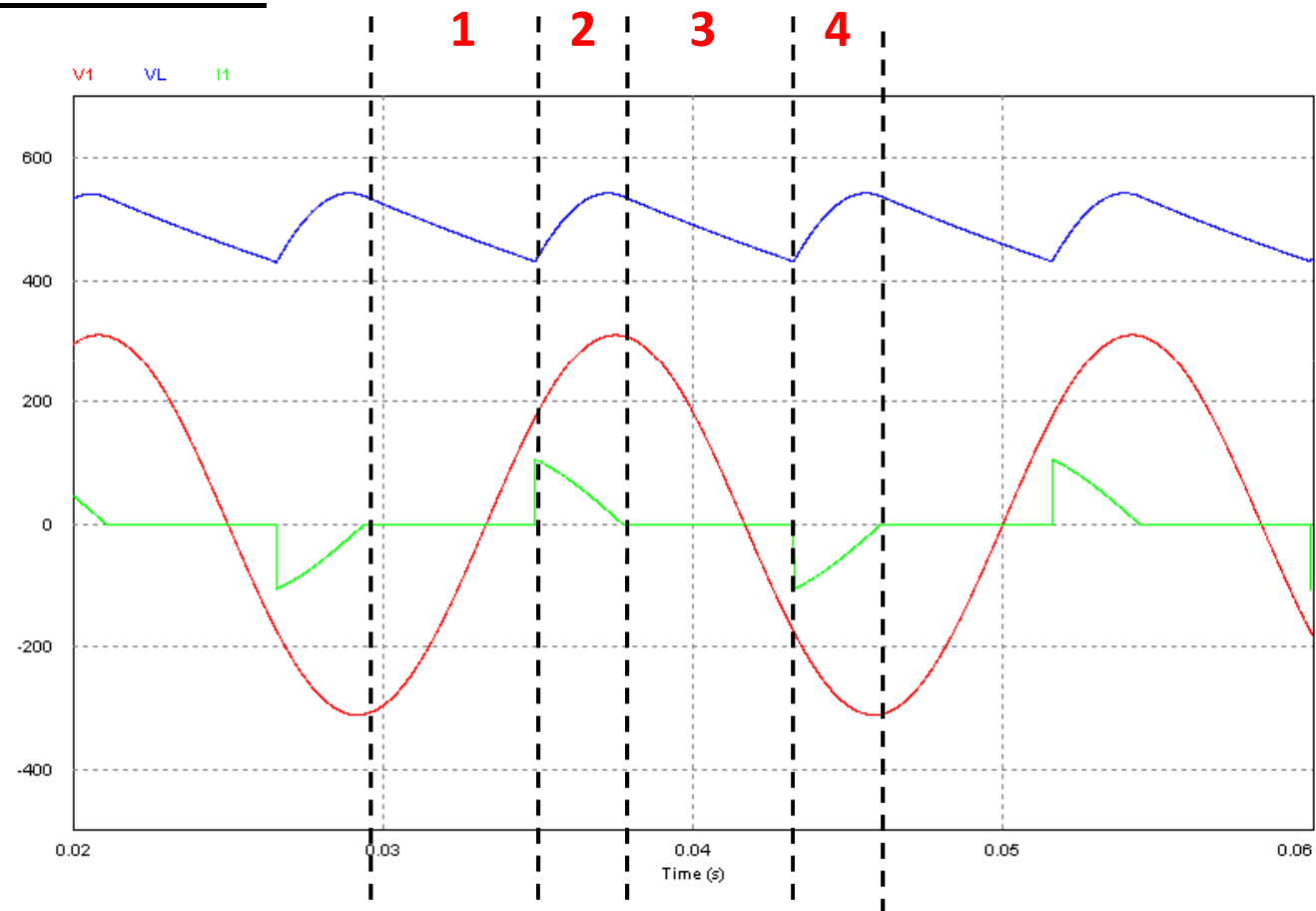
$$C = \frac{P_{in}}{f(V_{pk}^2 - V_{C\min}^2)}$$

$$I_p = \frac{C\Delta V}{t_c} = \frac{C(V_{pk} - V_{C\min})}{t_c}$$

Eletrônica de Potência – RETIFICADORES A DIODO

■ Formas de onda

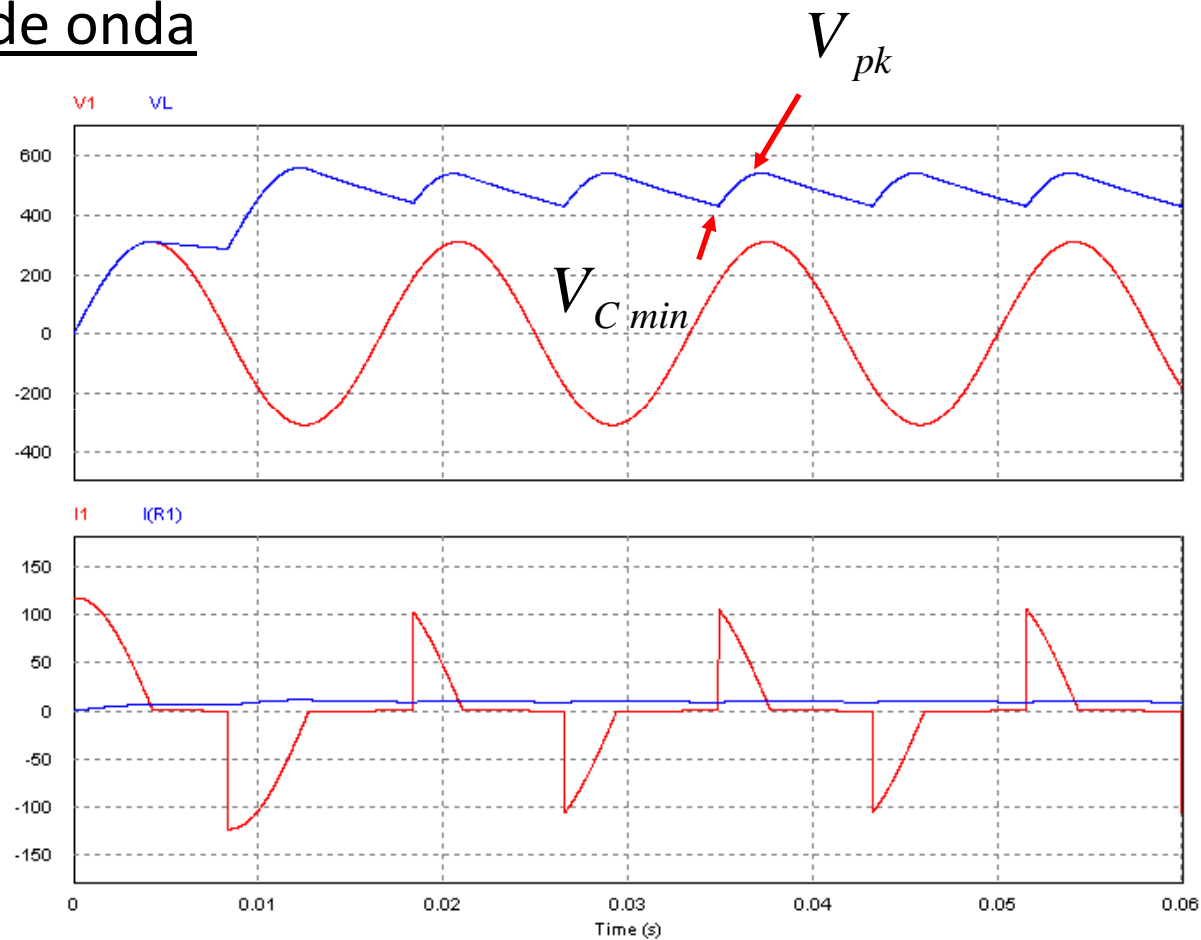
$V_o = 220V$
 $f = 60Hz$
 $C_1 = C_2 = 1000\mu F$
 $R = 50\Omega$



Eletrônica de Potência – RETIFICADORES A DIODO

■ Formas de onda

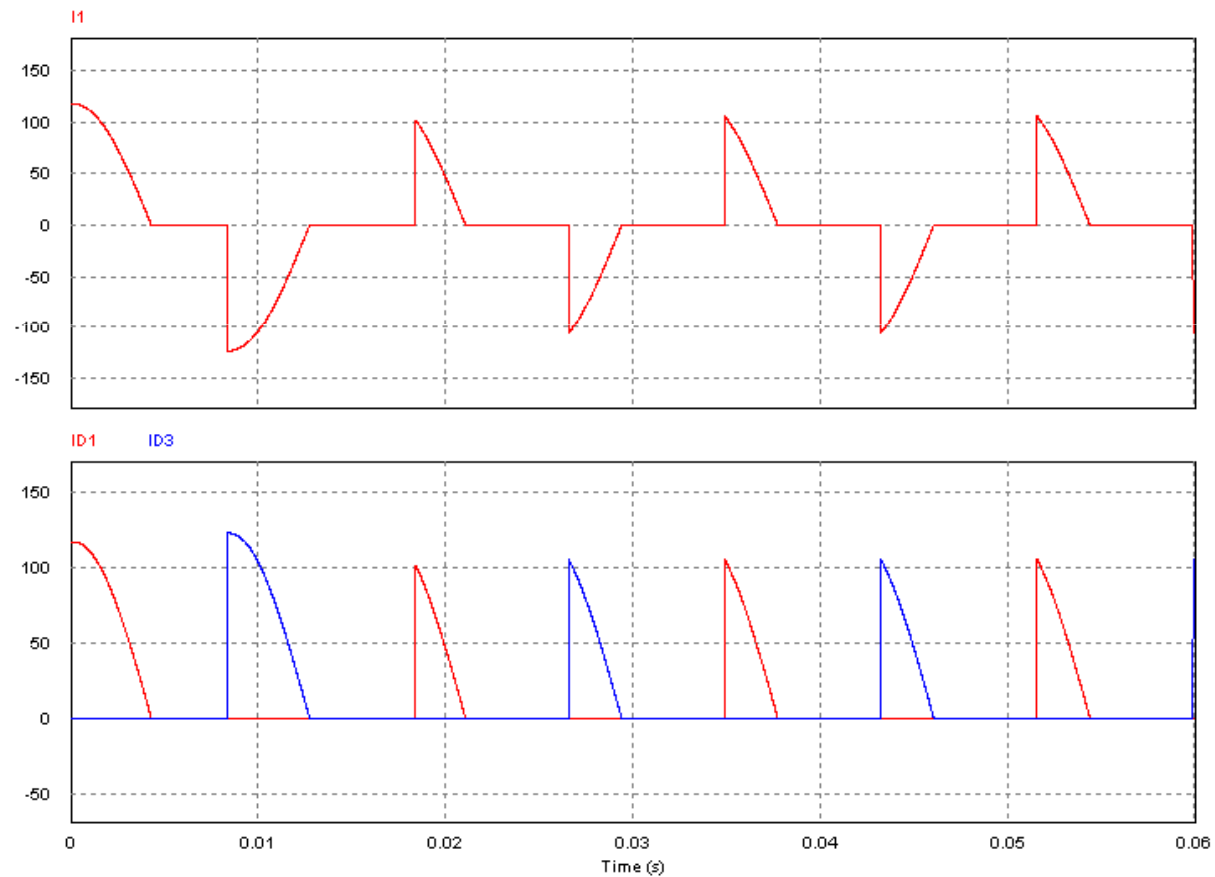
$V_o = 220V$
 $f = 60Hz$
 $C_1 = C_2 = 1000\mu F$
 $R = 50\Omega$



Eletrônica de Potência – RETIFICADORES A DIODO

■ Formas de onda

**$V_o = 220V$
 $f = 60Hz$
 $C_1 = C_2 = 1000\mu F$
 $R = 50\Omega$**

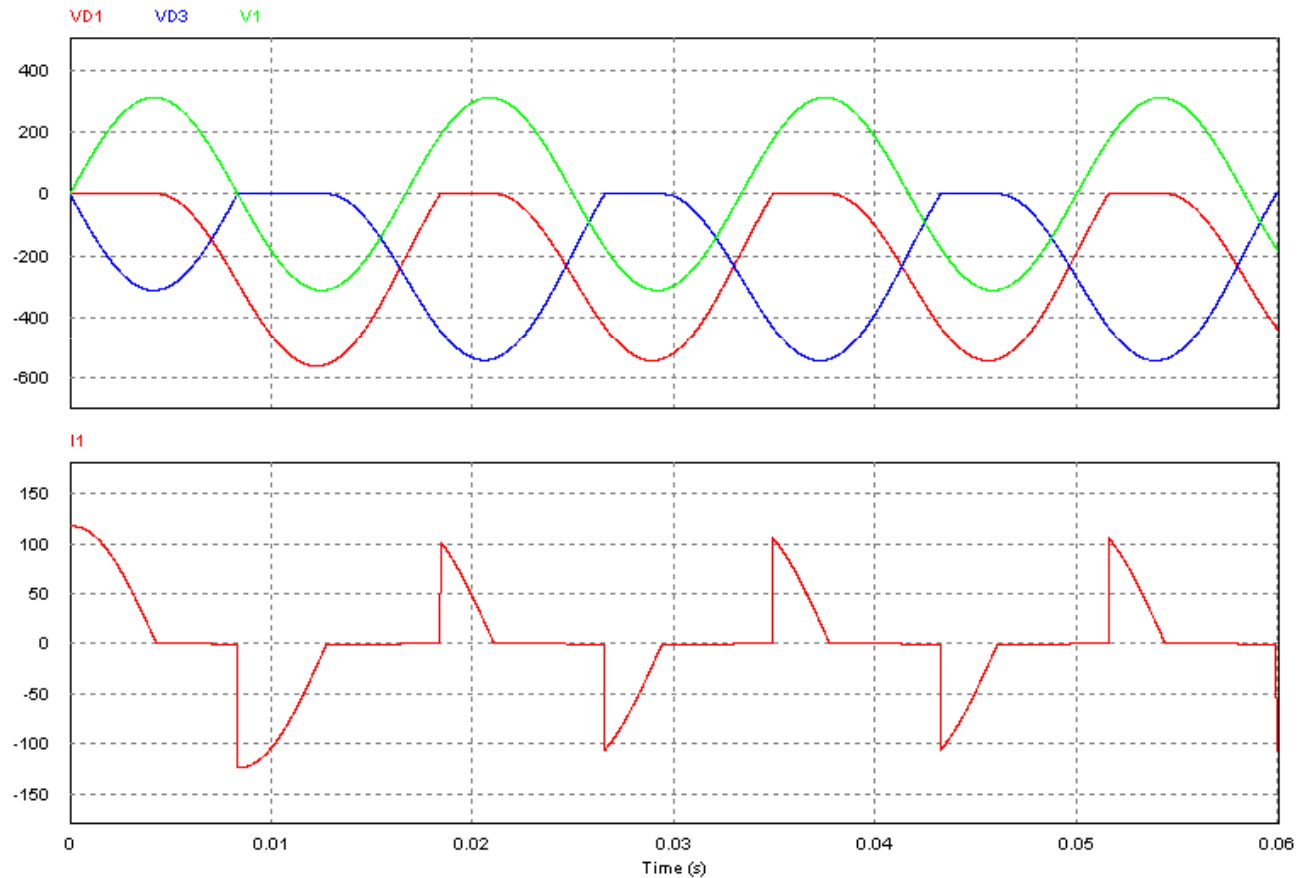


Eletrônica de Potência – RETIFICADORES A DIODO

■ Formas de onda

$V_o = 220V$
 $f = 60Hz$
 $C_1 = C_2 = 1000\mu F$
 $R = 50\Omega$

$$V_{D_{max}} = 2\sqrt{2}V_0$$



Eletrônica de Potência – RETIFICADORES A DIODO

■ Formas de onda

**$V_o = 220V$
 $f = 60Hz$
 $C_1 = C_2 = 1000\mu F$
 $R = 50\Omega$**

