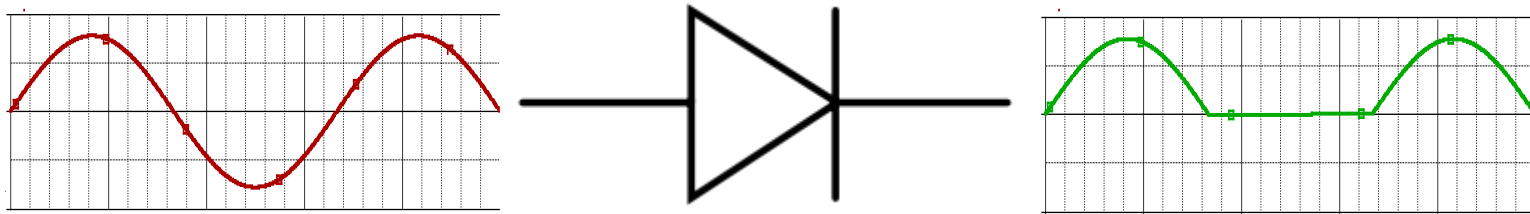
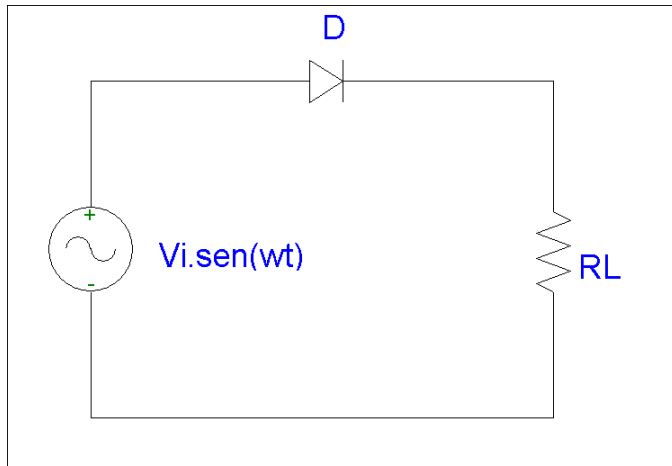


Retificadores



Retificador de Meia Onda



Diodo Ideal

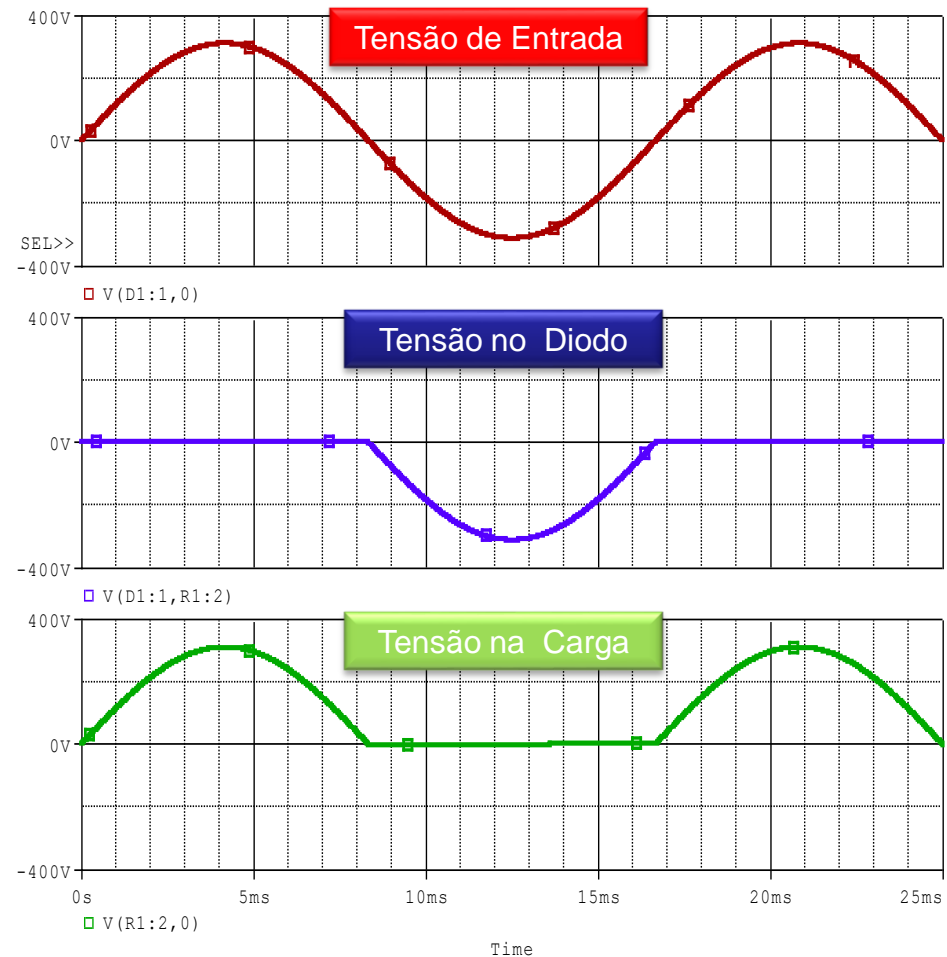
Diodo Real

$$VR_{med} = \frac{Vi_{pk}}{\pi}$$

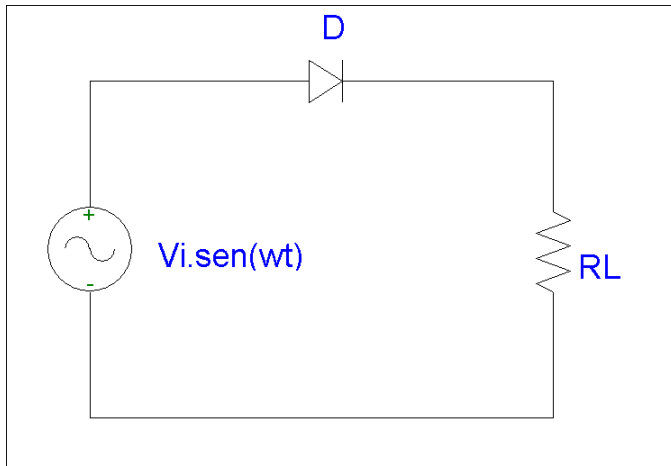
$$VR_{med} = \frac{Vi_{pk} - V_D}{\pi}$$

$$VR_{RMS} = \frac{Vi_{pk}}{2}$$

$$VR_{RMS} = \frac{Vi_{pk} - V_D}{2}$$



Retificador de Meia Onda



Exemplo 01:

Para o circuito retificador meia onda apresenta, considerando a tensão de entrada senoidal com $V_i = 311\text{V}$ (amplitude de pico), $R_L = 100\Omega$ e utilizando o modelo do diodo queda de tensão constante ($V_D = 0,7\text{V}$). Calcule a potência dissipada no resistor de carga R_L , no diodo D e a potência fornecida pela fonte de tensão. Determine a máxima tensão reversa no diodo.

Diodo Ideal

$$V_{R_{med}} = \frac{V_{i_{pk}}}{\pi}$$

$$V_{R_{RMS}} = \frac{V_{i_{pk}}}{2}$$

Diodo Real

$$V_{R_{med}} = \frac{V_{i_{pk}} - V_D}{\pi}$$

$$V_{R_{RMS}} = \frac{V_{i_{pk}} - V_D}{2}$$

$$V_{R_{med}} := \frac{V_{i_{pk}} - V_D}{\pi} = 98.772\text{ V}$$

$$V_{R_{rms}} := \frac{V_{i_{pk}} - V_D}{2} = 155.15\text{ V}$$

$$I_{D_{med}} := I_{R_{med}} = 987.716\text{ mA}$$

$$P_{RL} := R_L \cdot I_{R_{rms}}^2 = 240.715\text{ W}$$

$$P_D := V_D \cdot I_{D_{med}} = 0.691\text{ W}$$

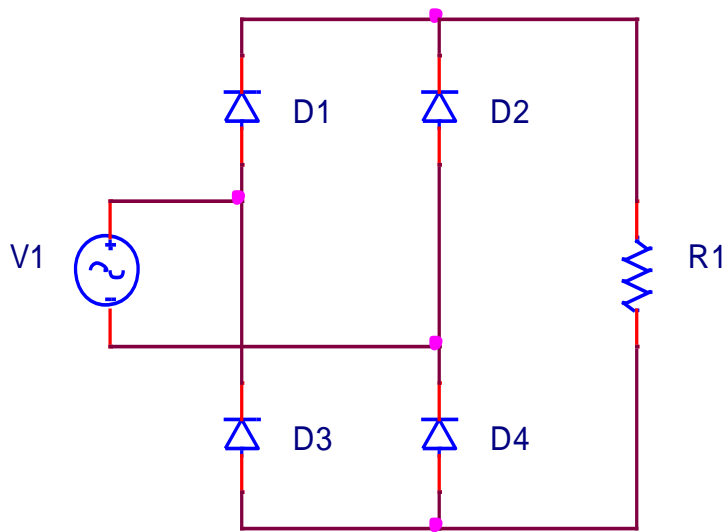
$$P_{Vi} := P_{RL} + P_D = 241.407\text{ W}$$

$$I_{R_{med}} := \frac{V_{R_{med}}}{R_L} = 987.716\text{ mA}$$

$$I_{R_{rms}} := \frac{V_{R_{rms}}}{R_L} = 1.552\text{ A}$$

$$V_{D_{reversa}} := V_{i_{pk}} = 311\text{ V}$$

Retificador de Onda Completa



Diodo Ideal

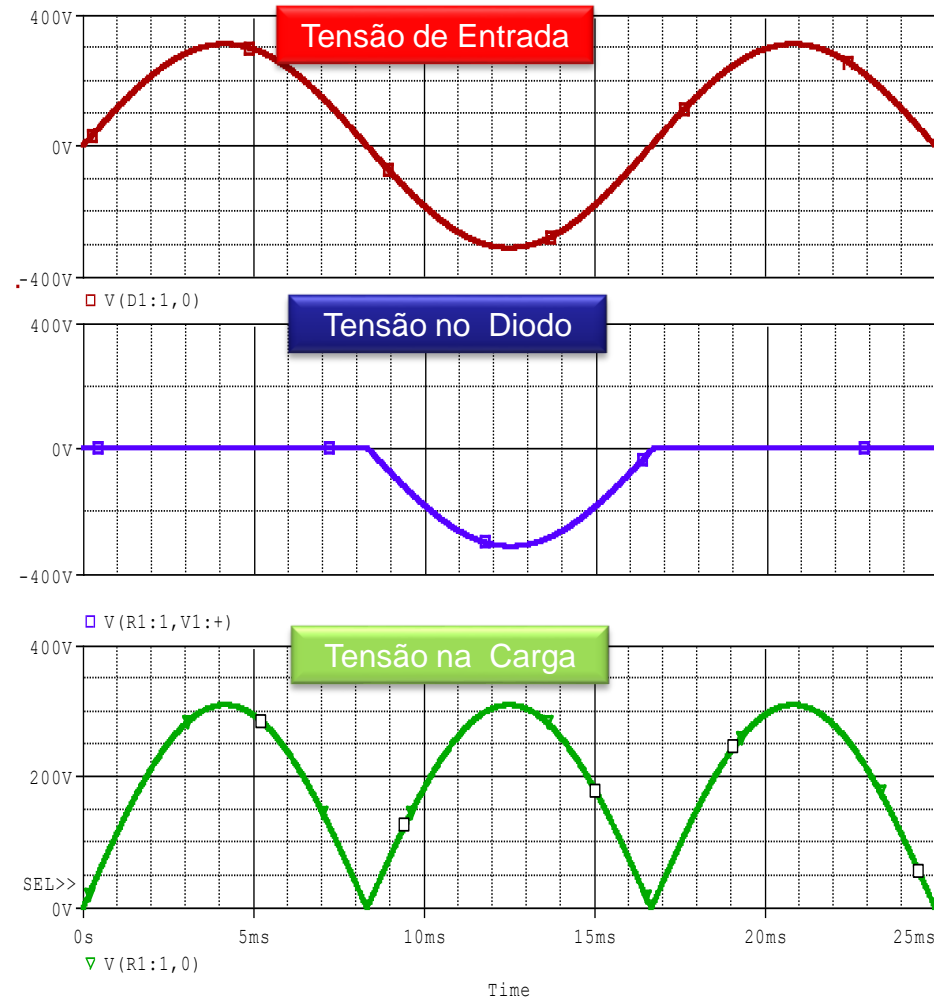
Diodo Real

$$VR_{med} = 2 \cdot \frac{Vi_{pk}}{\pi}$$

$$VR_{RMS} = \frac{Vi_{pk}}{\sqrt{2}}$$

$$VR_{med} = 2 \cdot \left(\frac{Vi_{pk} - 2 \cdot V_D}{\pi} \right)$$

$$VR_{RMS} = \frac{Vi_{pk} - 2 \cdot V_D}{\sqrt{2}}$$

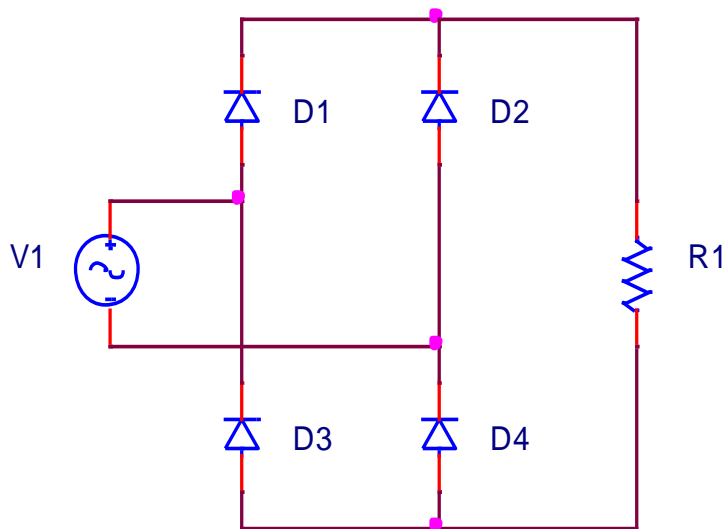


Obs.: Frequência do sinal na carga (R1) é o dobro do sinal da rede (V1).

Retificador de Onda Completa

Exemplo 01:

Para o circuito retificador de onda completa, considerando a tensão de entrada senoidal com $V_i = 311\text{V}$ (amplitude de pico), $R_L = 100\Omega$ e utilizando o modelo do diodo queda de tensão constante ($V_D = 0,7\text{V}$). Calcule a potência dissipada no resistor de carga R_L , no diodo D e a potência fornecida pela fonte de tensão. Determine a máxima tensão reversa no diodo.



Diodo Ideal

Diodo Real

$$VR_{med} = 2 \cdot \frac{Vi_{pk}}{\pi}$$

$$VR_{med} = 2 \cdot \left(\frac{Vi_{pk} - 2 \cdot V_D}{\pi} \right)$$

$$VR_{RMS} = \frac{Vi_{pk}}{\sqrt{2}}$$

$$VR_{RMS} = \frac{Vi_{pk} - 2 \cdot V_D}{\sqrt{2}}$$

$$VR_{med} := 2 \cdot \frac{Vi_{pk} - 2VD}{\pi} = 197.097\text{ V}$$

$$IR_{med} := \frac{VR_{med}}{RL} = 1.971\text{ A}$$

$$VR_{rms} := \frac{Vi_{pk} - 2VD}{\sqrt{2}} = 218.92\text{ V}$$

$$IR_{rms} := \frac{VR_{rms}}{RL} = 2.189\text{ A}$$

$$ID_{med} := \frac{IR_{med}}{2} = 985.487\text{ mA}$$

$$VD_{reversa} := Vi_{pk} = 311\text{ V}$$

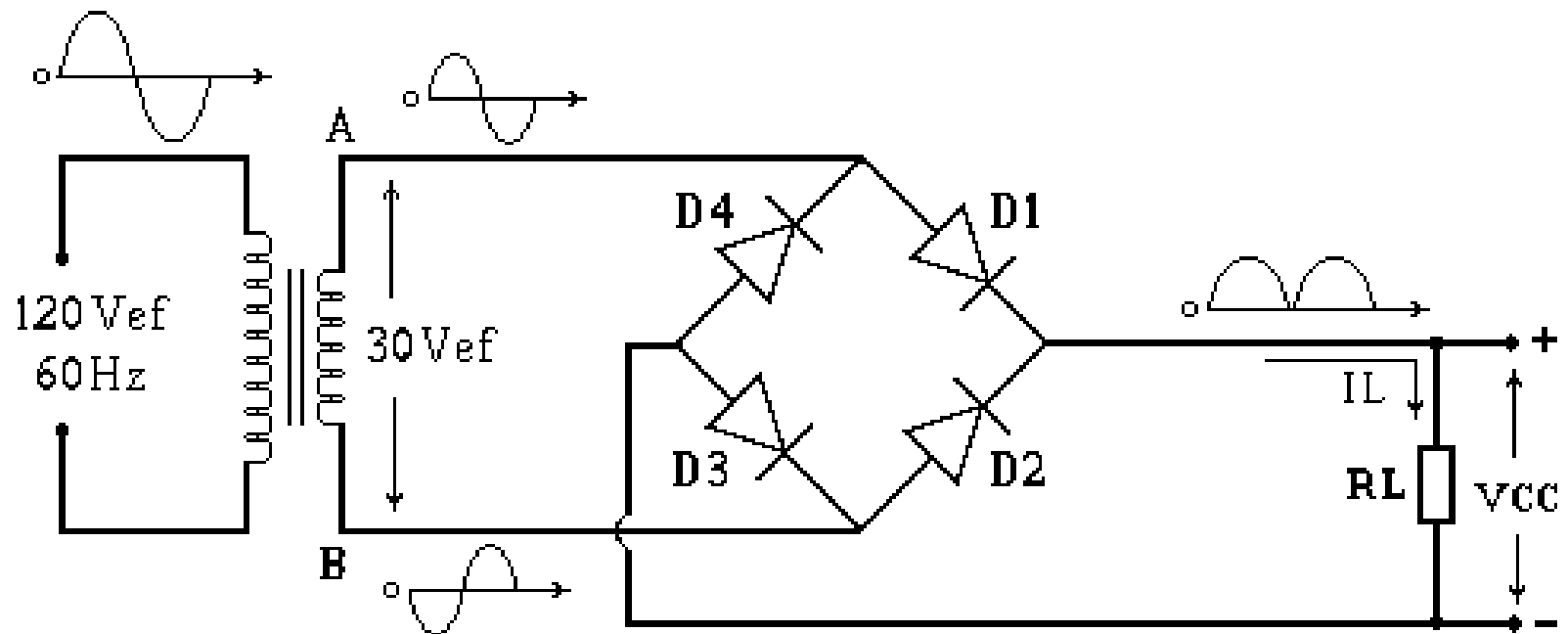
$$P_{RL} := RL \cdot IR_{rms}^2 = 479.261\text{ W}$$

$$P_{D1} := VD \cdot ID_{med} = 689.841\text{ mW}$$

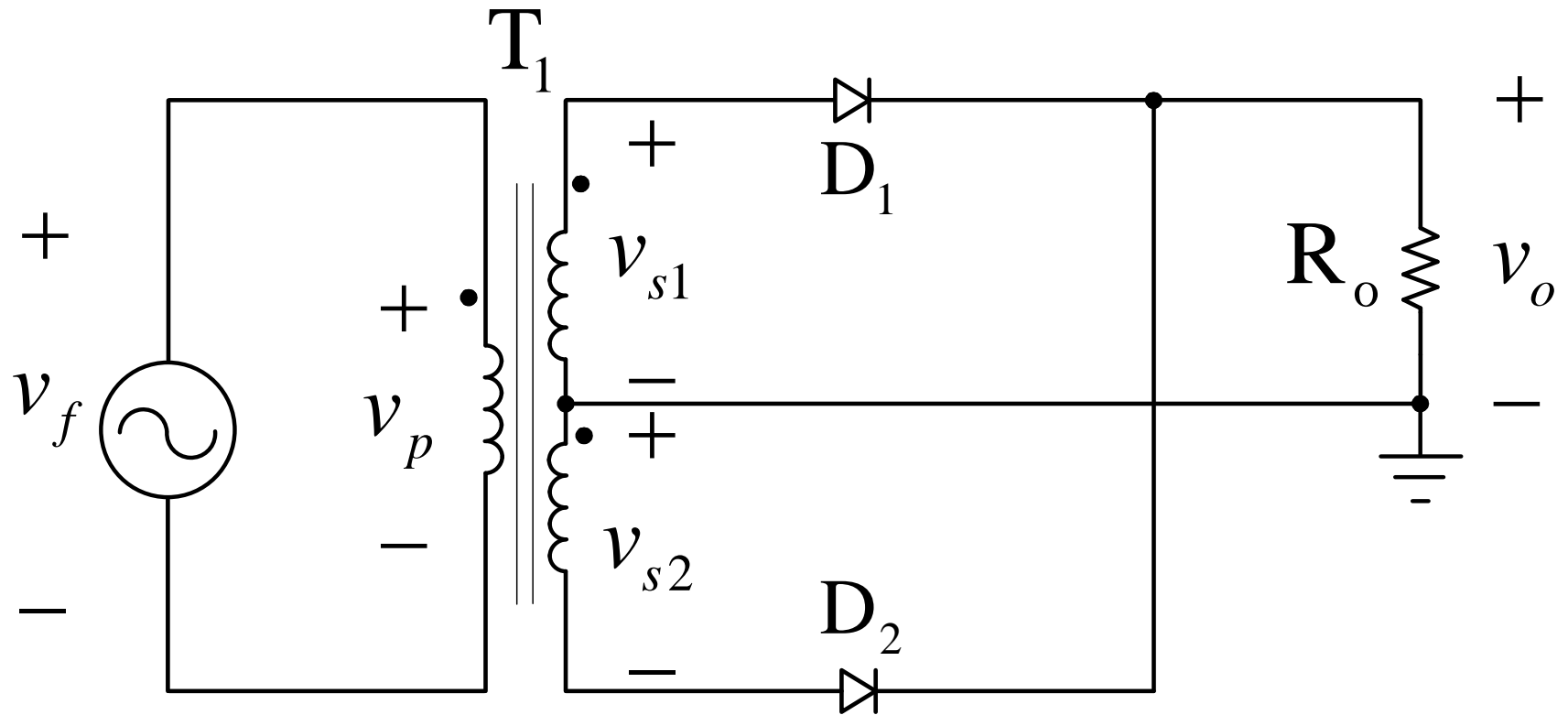
$$PD_{total} := 4 \cdot P_{D1} = 2.759\text{ W}$$

$$P_{Vi} := P_{RL} + PD_{total} = 482.02\text{ W}$$

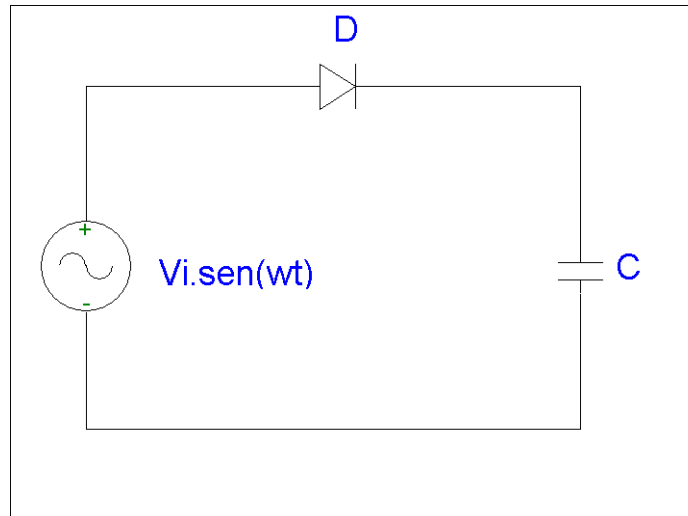
Retificador de Onda Completa em Ponte



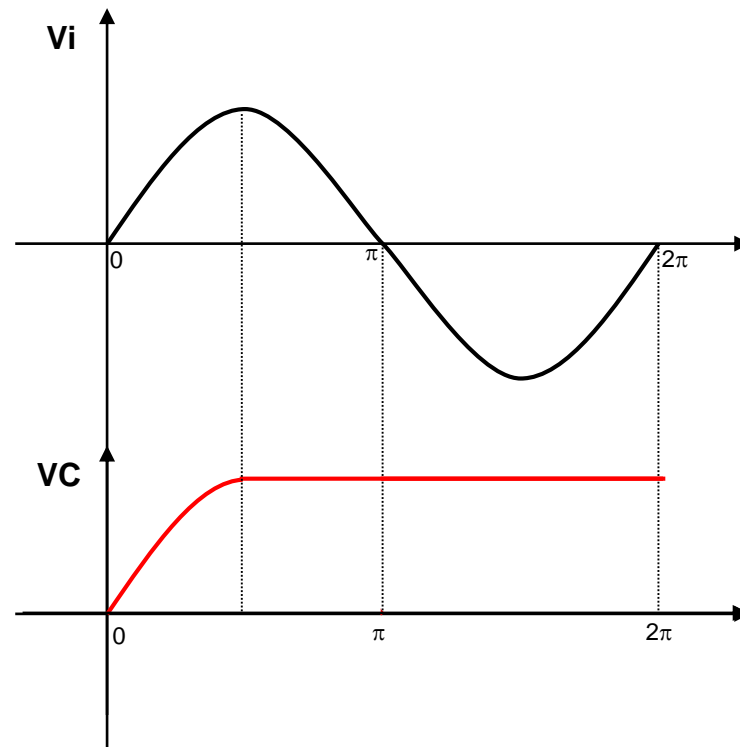
Retificador de Onda Completa com Tape Central



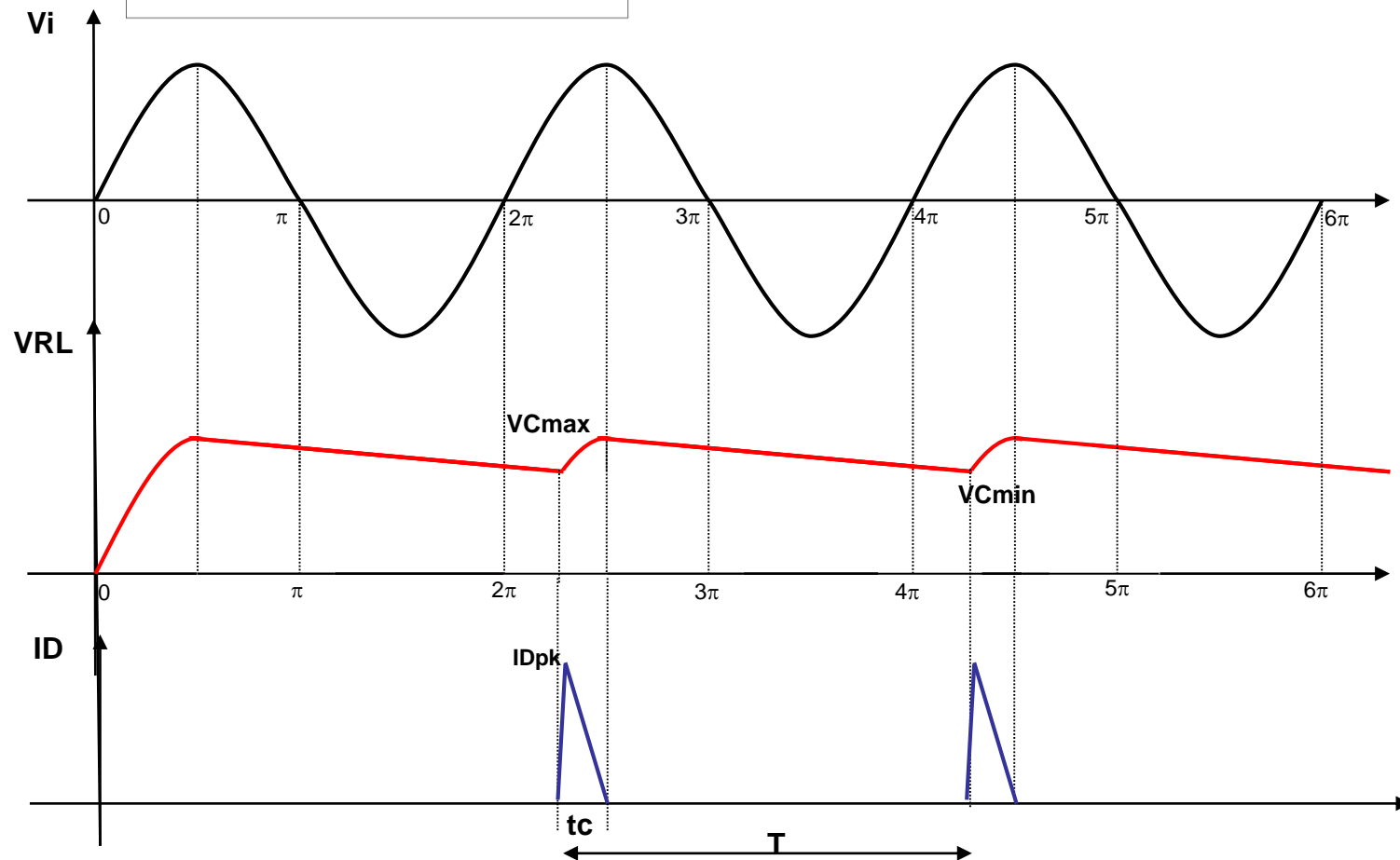
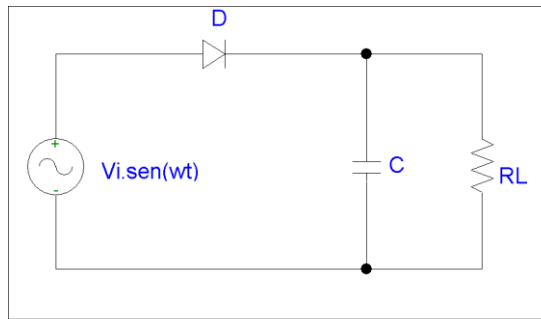
Detector de Pico



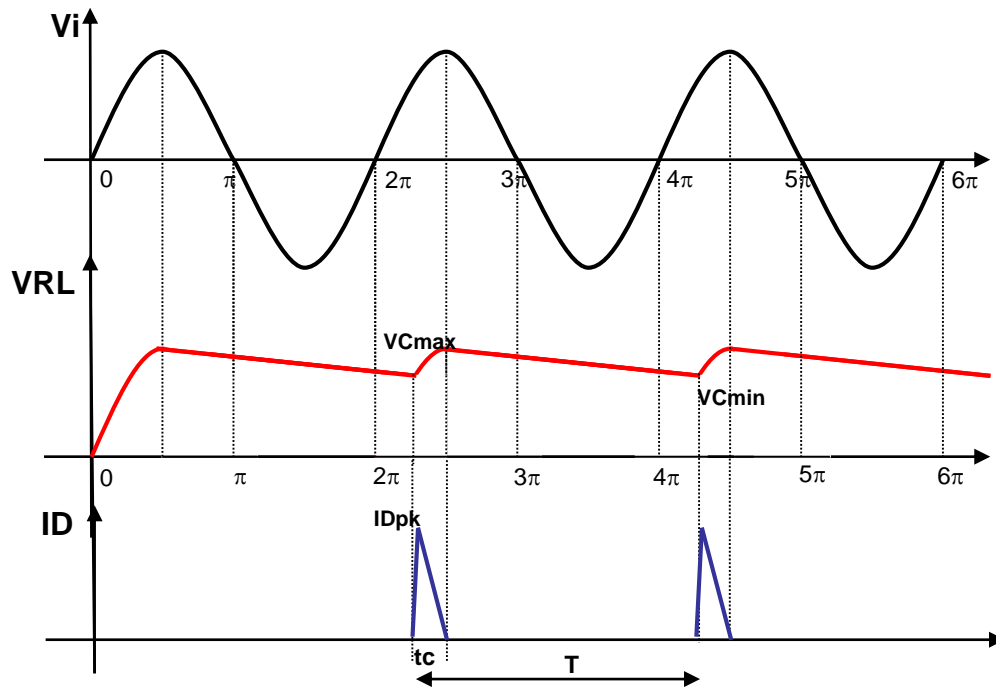
$$VC = Vi_{pk}$$



Retificador de Meia Onda com Filtro Capacitivo



Retificador de Meia Onda com Filtro Capacitivo



$$V_{Ripple} = V_{C_{max}} - V_{C_{min}}$$

$$V_{C_{med}} = V_{C_{max}} - \frac{V_{Ripple}}{2}$$

$$V_{Ripple} = \frac{V_{C_{med}}}{R} \cdot \frac{1}{fr \cdot C} = \frac{I_{med}}{fr \cdot C} = \frac{2 \cdot V_{C_{max}}}{2 \cdot fr \cdot R \cdot C + 1}$$

Capacitor de barramento:

$$C = \frac{V_{C_{med}}}{R} \cdot \frac{1}{V_{Ripple} \cdot fr} = \frac{I_{med}}{V_{Ripple} \cdot fr}$$

Diodo:

$$FP \cong 0.3$$

$$FP = \frac{P_{in}}{S_{in}} = \frac{P_{in}}{V_{in_{RMS}} \cdot I_{in_{RMS}}}$$

$$I_{in_{RMS}} = \frac{P_{in}}{V_{in_{RMS}} \cdot FP}$$

$$I_{D_{RMS}} = I_{in_{RMS}}$$

$$I_{RL_{med}} = \frac{V_{C_{med}}}{RL}$$

$$I_{D_{med}} = I_{RL_{med}}$$

$$tc = \frac{\arccos\left(\frac{V_{C_{min}}}{V_{C_{max}}}\right)}{2 \cdot \pi \cdot fr}$$

$$I_{D_{pk}} = \frac{2 \cdot I_{D_{med}}}{tc \cdot fr}$$

$$I_{RL_{RMS}} \cong I_{RL_{med}}$$

$$I_{C_{RMS}} = \sqrt{I_{in_{RMS}}^2 - I_{RL_{med}}^2}$$

Retificador de Meia Onda com Filtro Capacitivo

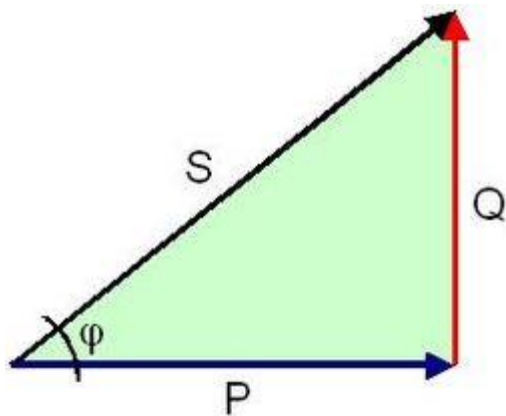
- Ondulação de tensão no capacitor ou tensão de *ripple*: V_{Ripple}
- Tensão média no capacitor: $V_{C_{med}}$
- Frequência da rede: fr
- Fator de potência: FP
- Potência ativa de entrada: P_{in}
- Potência aparente de entrada: S_{in}
- Corrente de entrada eficaz ou RMS: $I_{in_{RMS}}$
- Corrente eficaz ou RMS no diodo: ID_{RMS}
- Corrente de pico no diodo: ID_{pk}
- Tempo de condução do diodo: tc
- Arco cosseno: $\arccos = \cos^{-1}$
- Corrente média na carga RL: IRL_{med}
- Corrente eficaz ou RMS no capacitor: Ic_{RMS}

Fator de Potência em Circuitos não Lineares

Carga Linear

(motores, indutores, capacitores).

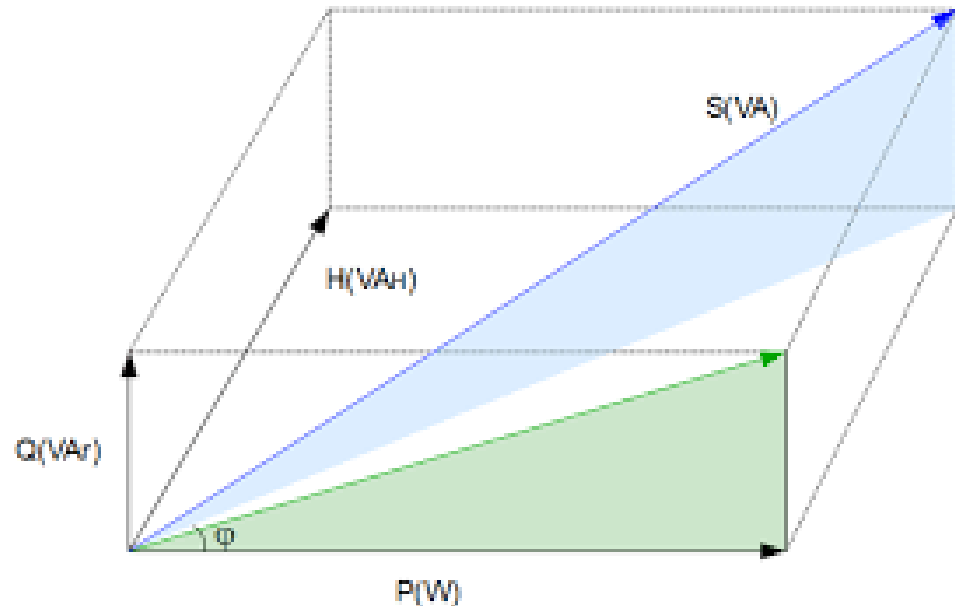
$$FP = \frac{P}{S} = \cos(\varphi)$$



Carga não Linear

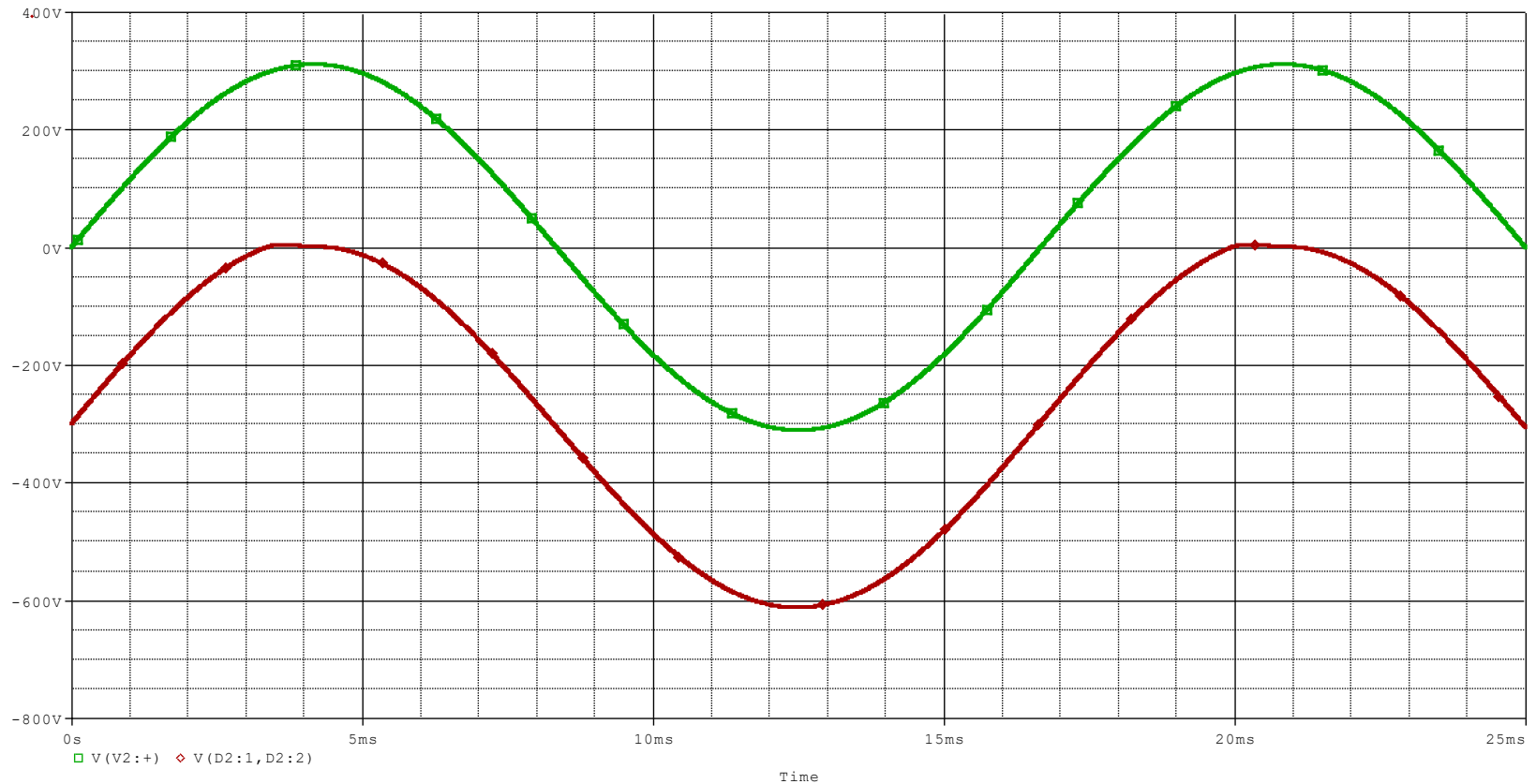
(retificadores com filtros capacitivos)

$$FP = \frac{P}{S} = \frac{\cos(\varphi)}{\sqrt{1 + TDH^2}}$$



Em circuitos com cargas não lineares como retificadores com filtro capacitivos, a taxa de distorção harmônica (TDH) é mais significativa do que a defasagem (φ) para definição do fator de potência.

Retificador de Meia Onda com Filtro Capacitivo



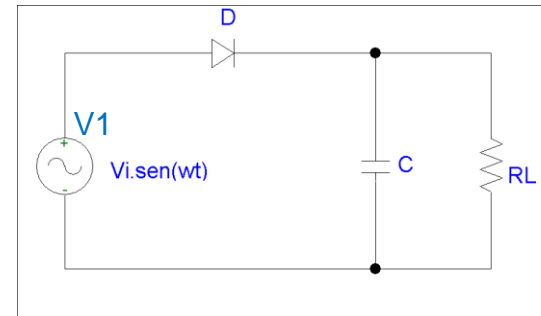
$$VD_{\max} = 2 \cdot Vin_{pk}$$

Retificador de Meia Onda com Filtro Capacitivo

Tarefa 01: Para o circuito retificador abaixo, calcule o valor do capacitor C para um ripple de tensão sobre o capacitor de 3 Volts pico a pico.

Considere:

- $V_1 = 22V_{rms}$; 60Hz.
- $R_L = 22 \Omega$
- D= Diodo Ideal.
- Considere $FP = 0,3$



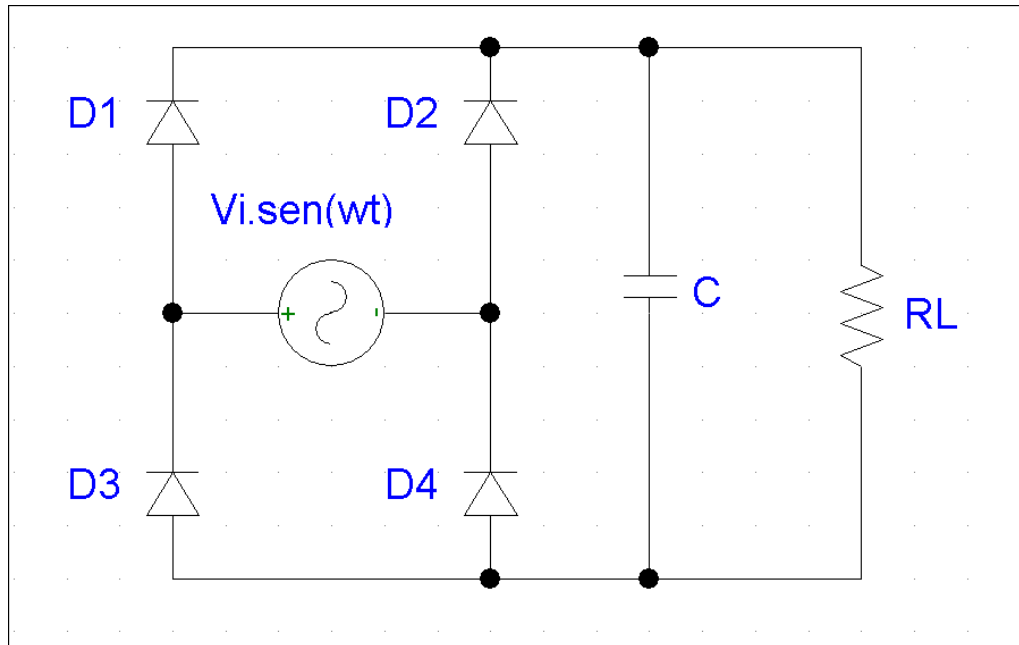
Utilizando o capacitor calculado, determine por cálculo e por simulação os seguintes valores:

- Tensão média e RMS na carga;
- Corrente média e RMS na carga;
- Corrente RMS de Entrada;
- Corrente média e RMS no Diodo;
- Potência Aparente.

Item	Parâmetro	Teórico	Simulado
a	$V_{RL_{med}}$	29,61 V	29,71 V
	$V_{RL_{RMS}}$	29,63 V	29,72 V
b	$I_{RL_{med}}$	1,346 A	1,35 A
	$I_{RL_{RMS}}$	1,347 A	1,35 A
c	P_o	39,91 W	40,16 W
	$I_{in_{RMS}}$	6,05 A	5,83 A
d	$I_{D_{med}}$	1,346 A	1,346 A
	$I_{D_{RMS}}$	6,05 A	5,83 A
e	S_{in}	133,04 VA	128,30 VA
f	FP	0,3	0,312



Retificador de Onda Completa com Filtro Capacitivo



$$V_{Ripple} = V_{C_{max}} - V_{C_{min}}$$

$$V_{C_{med}} = V_{C_{max}} - \frac{V_{Ripple}}{2}$$

$$V_{Ripple} = \frac{V_{C_{med}}}{R} \cdot \frac{1}{2 \cdot fr \cdot C} = \frac{I_{med}}{2 \cdot fr \cdot C} = \frac{2 \cdot V_{C_{max}}}{4 \cdot fr \cdot R \cdot C + 1}$$

Capacitor de barramento:

$$C = \frac{V_{C_{med}}}{R} \cdot \frac{1}{V_{Ripple} \cdot 2 \cdot fr} = \frac{I_{med}}{V_{Ripple} \cdot 2 \cdot fr}$$

$$FP \cong 0.5$$

$$FP = \frac{P_{in}}{S_{in}} = \frac{P_{in}}{V_{in_{RMS}} \cdot I_{in_{RMS}}}$$

$$I_{in_{RMS}} = \frac{P_{in}}{V_{in_{RMS}} \cdot FP}$$

$$I_{D_{RMS}} = \frac{I_{in_{RMS}}}{\sqrt{2}}$$

$$I_{RL_{med}} = \frac{V_{C_{med}}}{RL}$$

$$I_{D_{med}} = \frac{I_{RL_{med}}}{2}$$

Diodo:

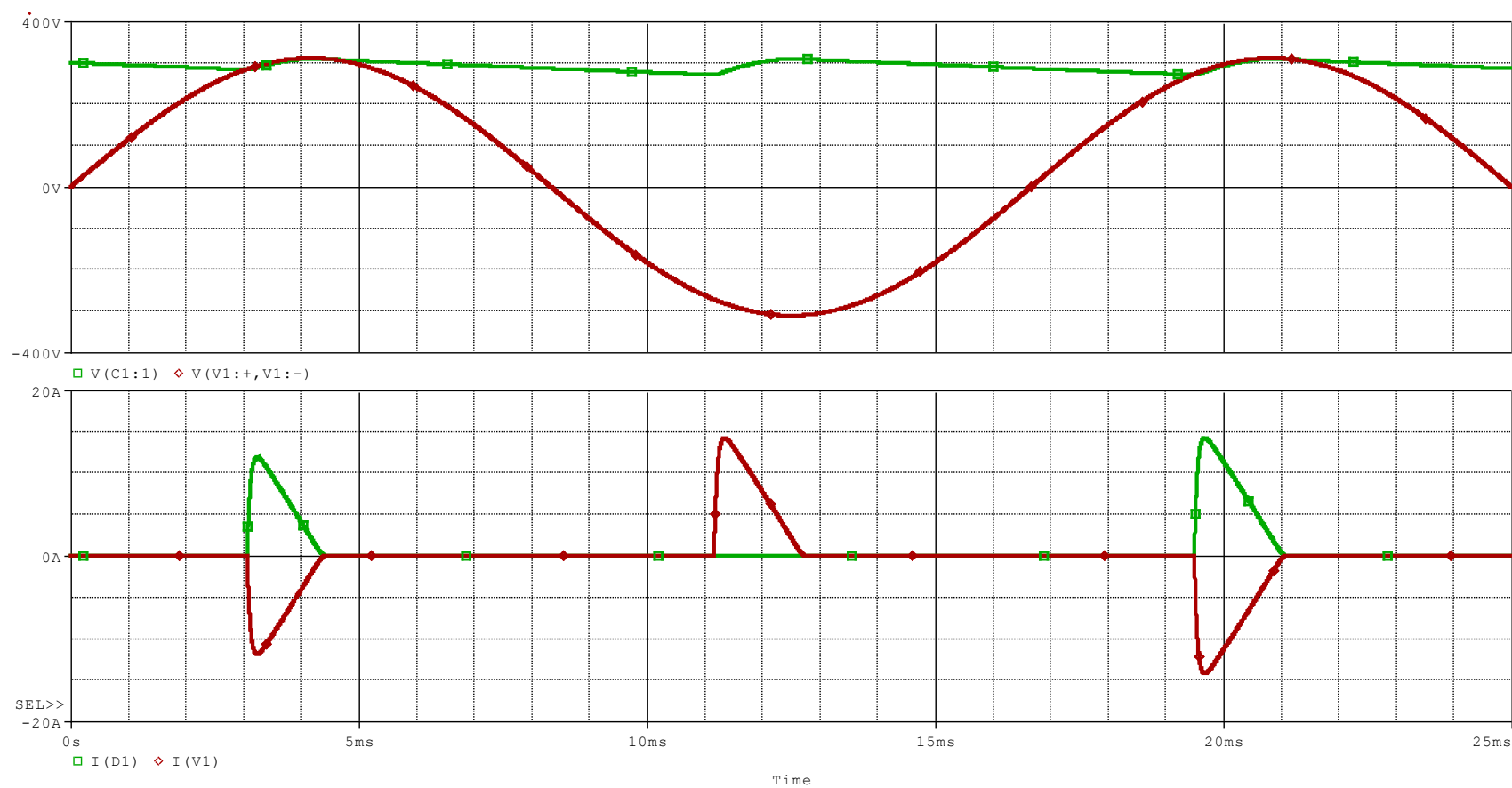
$$tc = \frac{\arccos\left(\frac{V_{C_{min}}}{V_{C_{max}}}\right)}{2 \cdot \pi \cdot fr}$$

$$I_{D_{pk}} = \frac{2 \cdot I_{D_{med}}}{tc \cdot fr}$$

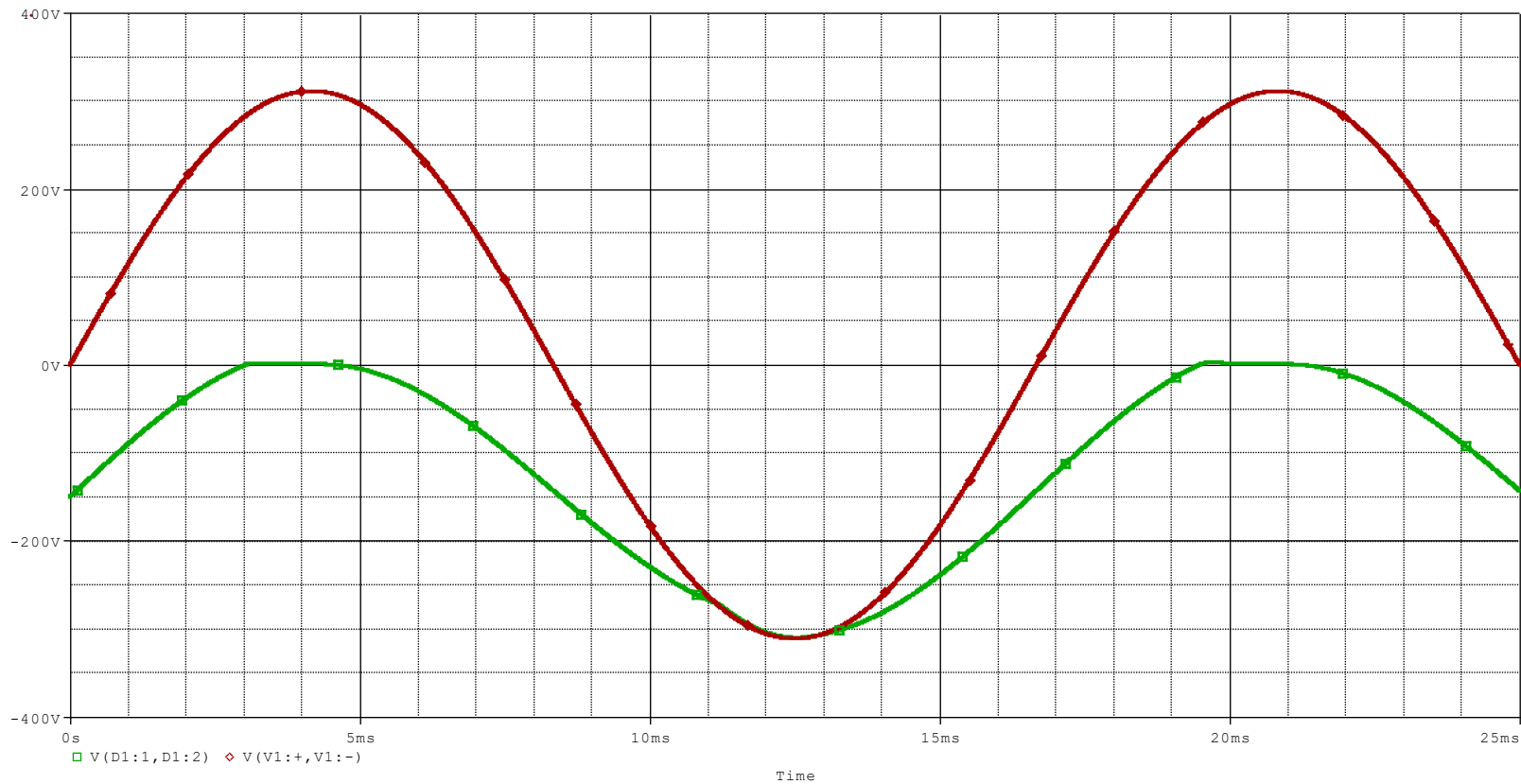
$$I_{RL_{RMS}} \cong I_{RL_{med}}$$

$$I_{C_{RMS}} = \sqrt{I_{in_{RMS}}^2 - I_{RL_{med}}^2}$$

Retificador de Onda Completa com Filtro Capacitivo



Retificador de Onda Completa com Filtro Capacitivo



$$VD_{\max} = Vin_{pk}$$

Retificador de Onda Completa com Filtro Capacitivo

Tarefa 01: Para o circuito retificador abaixo, calcule o valor de capacitor C1 para um ripple de tensão sobre o capacitor de 3 Volts pico a pico.

Considere:

- $V1 = 22V_{rms}$; 60Hz.
- $R1 = 22 \Omega$
- D1, D2 , D3 e D4 = Diodos Ideais.
- Considere $FP = 0,44$

Utilizando o capacitor calculado, determine por cálculo e por simulação os seguintes valores:

- Tensão média e RMS na carga;
- Corrente média e RMS na carga;
- Corrente média e RMS no Diodo;
- Corrente RMS de Entrada;
- Potência Aparente.

