

E204

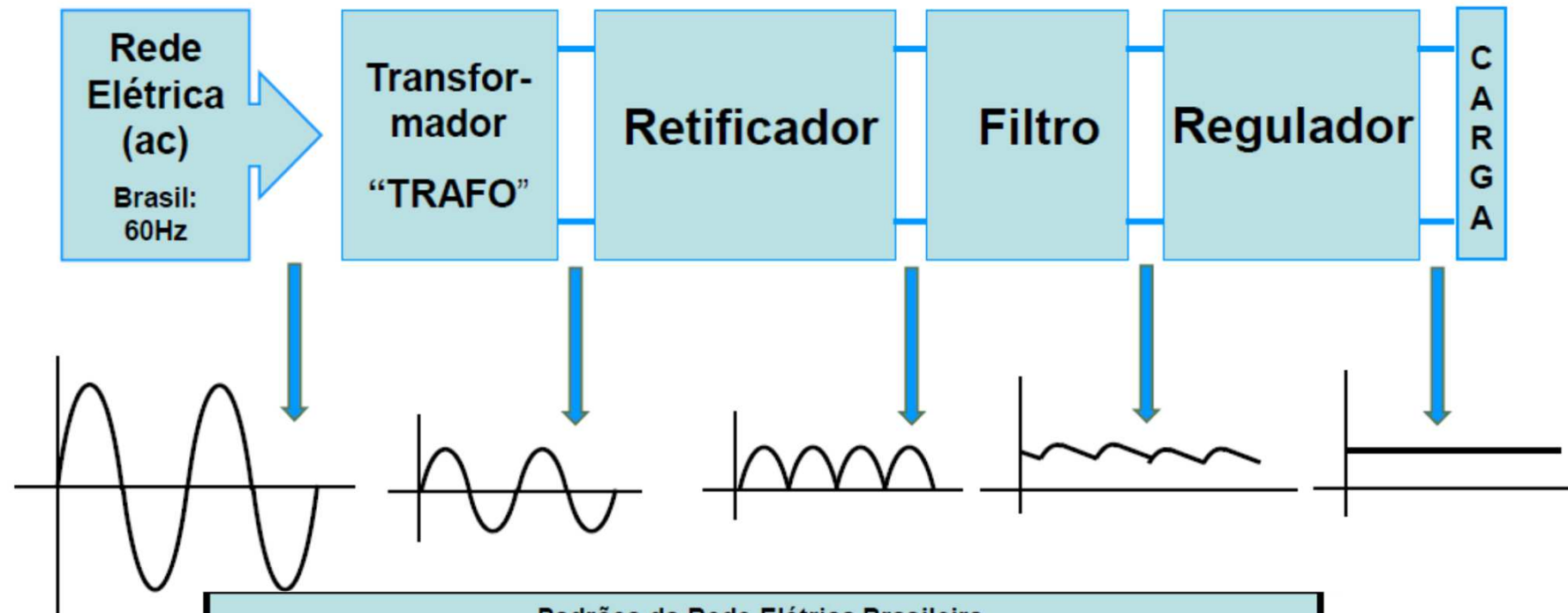
FONTES DE ALIMENTAÇÃO

PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

3

FONTE DE ALIMENTAÇÃO ANALÓGICA

3.1. Princípio de Funcionamento

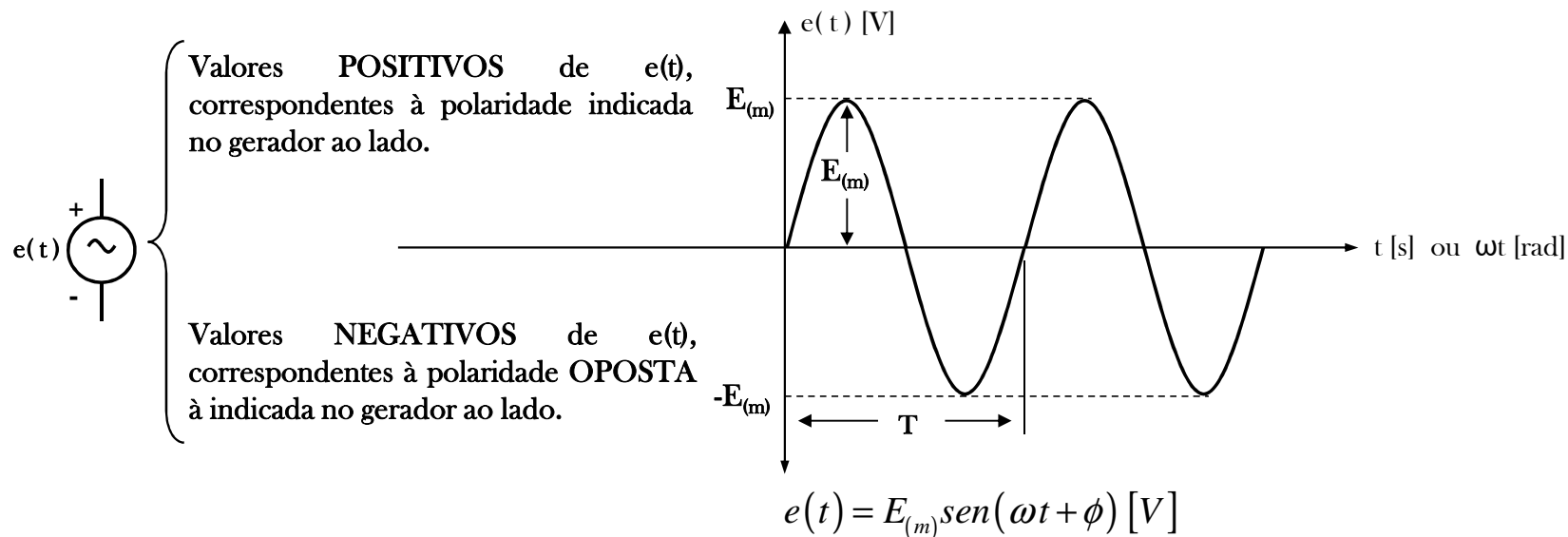


Padrões da Rede Elétrica Brasileira.					
Frequência Hz	Tensão Secundária Volts - rms	Estado / Território			
60	220 / 127	Acre	Espírito Santo	Minas Gerais	Rio de Janeiro
		Amapá	Mato Grosso	Pará	Rondônia
		Amazonas	Mato Grosso do Sul	Paraná	São Paulo
60	380 / 220	Alagoas	Distrito Federal	Pernambuco	Rio Grande do Sul
		Bahia	Goiás	Piauí	Santa Catarina
		Ceará	Maranhão	Rio Grande do Norte	Sergipe
			Paraíba		Tocantins

EQUAÇÃO E PARÂMETRO DE UMA ONDA SENOIDAL

3.2. Equação e Parâmetro de uma Onda Senoidal

Equação de uma Tensão Senoidal



$E_{(m)} = E_{(\max)} \Rightarrow$ Valor de Pico ou Valor Instantâneo Máximo [V]

$\omega = 2\pi f = 2\pi/T \Rightarrow$ Velocidade Angular (rad/s), sendo que

$\phi \Rightarrow$ Fase inicial

$f \Rightarrow$ Frequência, em Hertz [Hz] ($f = 1/T$)

$T \Rightarrow$ Período, em Segundo [s] ($T = 1/f$)

3.2. Equação e Parâmetro de uma Onda Senoidal

Valor Médio de uma Tensão ou Corrente Variável no Tempo

- O valor médio de uma tensão ou corrente variável no tempo corresponde ao valor de uma tensão ou corrente contínua que produza o deslocamento de uma quantidade de carga elétricas que resulte, ao final de um dado intervalo de tempo, ao transporte da mesma quantidade de carga transportada pela tensão ou corrente variável no tempo, produzindo o mesmo trabalho.

Valor Eficaz de uma Tensão ou Corrente Variável no Tempo

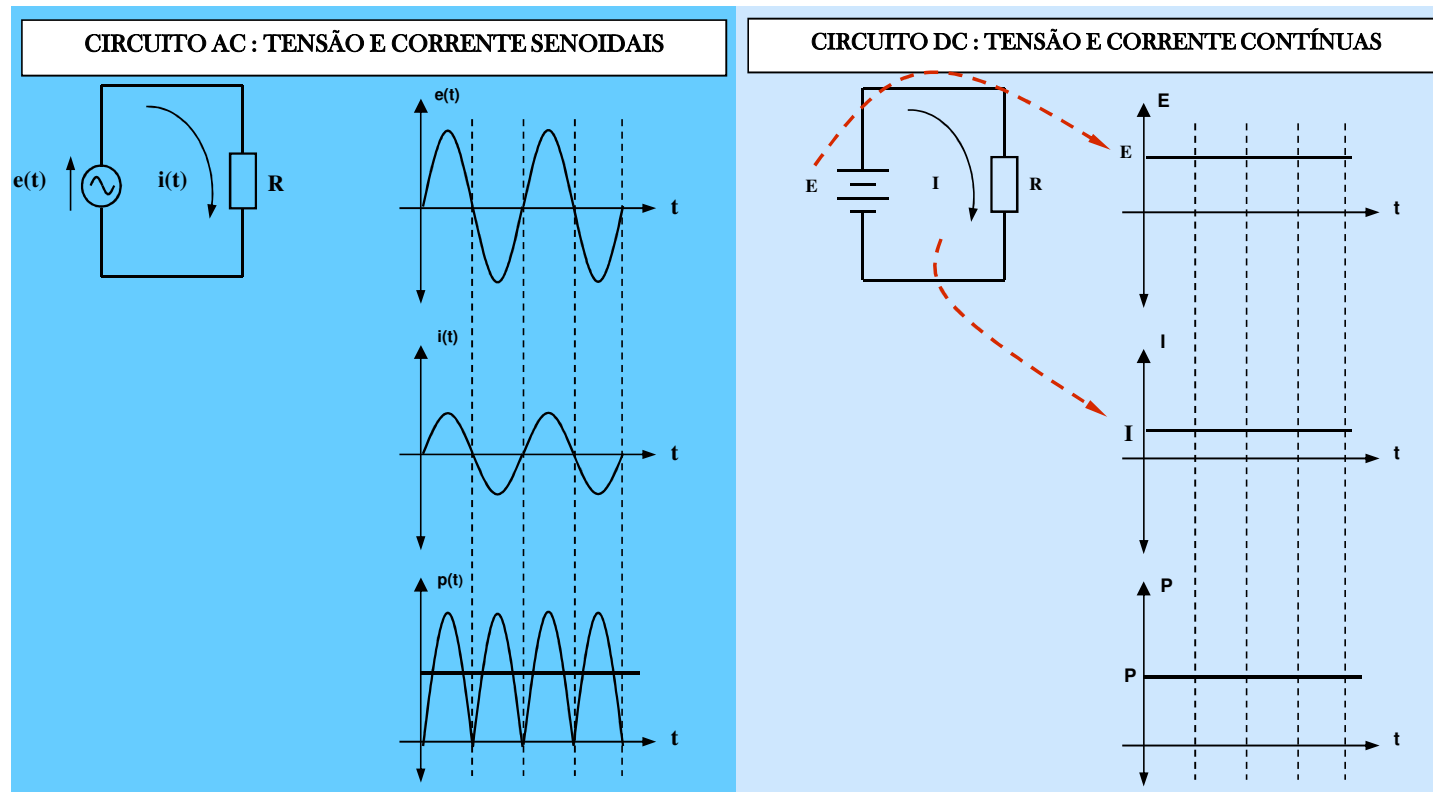
- O valor eficaz de uma tensão ou corrente variável no tempo corresponde ao valor de uma tensão ou corrente contínua que produza em uma resistência o mesmo efeito calorífero produzido pela tensão ou corrente variável no tempo, ou seja, que dissipe a mesma potência que a tensão ou corrente variável no tempo.

3

FONTE DE ALIMENTAÇÃO ANALÓGICA

3.2. Equação e Parâmetro de uma Onda Senoidal

Valor Eficaz de uma Tensão ou Corrente Senoidal



3.2. Equação e Parâmetro de uma Onda Senoidal

Definição Matemática de Valor Eficaz e de Valor Médio

- Dada uma função variável $f(t)$ definida sobre o intervalo $T_1 \leq t \leq T_2$, seus valores médio e eficaz são calculados pelas equações

Valor Médio:

$$\overline{f(t)} = f(t)_{av} \quad f(t)_{av} = \frac{1}{T_2 - T_1} \int_{T_1}^{T_2} f(t) dt$$

(av → average)

Valor Eficaz:

$$f(t)_{ef} = f(t)_{rms} \quad f(t)_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T_2 - T_1} \int_{T_1}^{T_2} [f(t)]^2 dt}$$

(rms → root mean square)

3.2. Equação e Parâmetro de uma Onda Senoidal

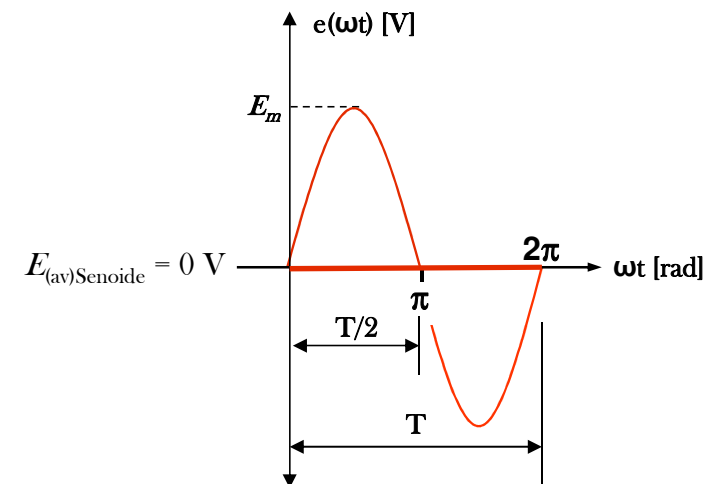
Valor Médio de uma Tensão Senoidal

$$e(\omega t) = E_{(m)} \text{sen}(\omega t) \text{ [V]} \quad f(t)_{av} = \frac{1}{T_2 - T_1} \int_{T_1}^{T_2} f(t) dt$$

$$E_{(av)} = \frac{1}{T} \int_0^T e(\omega t) d(\omega t) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} E_{(m)} \underbrace{\text{sen}(\omega t)}_{\text{sen}(u)} \underbrace{d(\omega t)}_{du}$$

$$\int \text{sen}(u) du = -\cos(u) + C \therefore E_{(av)} = -\frac{E_{(m)}}{2\pi} \cos(\omega t) \Big|_0^{2\pi}$$

$$E_{(av)} = -\frac{E_{(m)}}{2\pi} [\cos(2\pi) - \cos(0)] = -\frac{E_{(m)}}{2\pi} [1 - 1] = 0$$



3.2. Equação e Parâmetro de uma Onda Senoidal

Valor Médio de Meio Ciclo de uma Tensão Senoidal

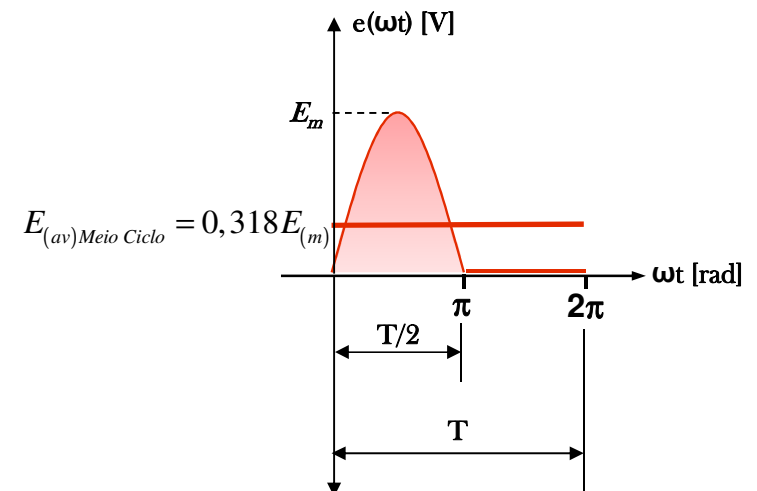
$$e(\omega t) = E_{(m)} \text{sen}(\omega t) \text{ [V]} \left\{ \begin{array}{l} e(\omega t) = E_{(m)} \text{sen}(\omega t) \Big|_0^\pi \\ e(\omega t) = 0 \Big|_\pi^{2\pi} \end{array} \right.$$

$$f(t)_{av} = \frac{1}{T_2 - T_1} \int_{T_1}^{T_2} f(t) dt$$

$$E_{(av)} = \frac{1}{T} \int_0^T e(\omega t) d(\omega t) = \frac{1}{2\pi} \int_0^\pi E_{(m)} \underbrace{\text{sen}(\omega t)}_{\text{sen}(u)} \underbrace{d(\omega t)}_{du}$$

$$\int \text{sen}(u) du = -\cos(u) + C \therefore E_{(av)} = -\frac{E_{(m)}}{2\pi} \cos(\omega t) \Big|_0^\pi$$

$$E_{(av)} = -\frac{E_{(m)}}{2\pi} [\cos(\pi) - \cos(0)] = -\frac{E_{(m)}}{2\pi} [-1 - 1] = \frac{E_{(m)}}{\pi} = 0,318 E_{(m)}$$



3.2. Equação e Parâmetro de uma Onda Senoidal

Valor Médio de Pulso Senoidal

$$e(\omega t) = E_{(m)} \text{sen}(\omega t) \text{ [V]}$$

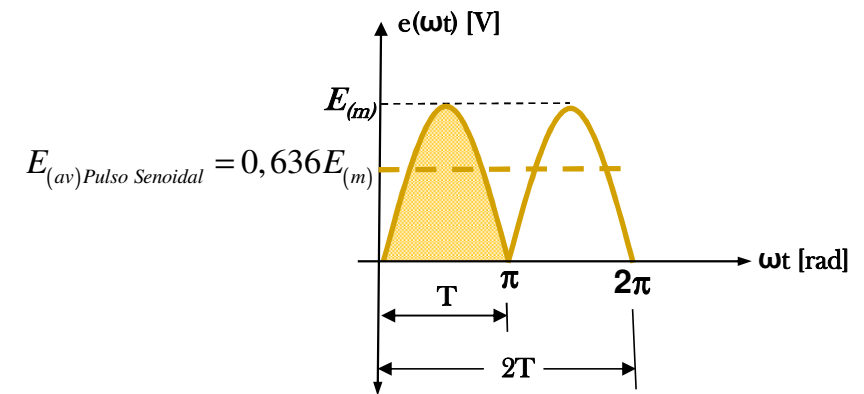
$$e(\omega t) = E_{(m)} \text{sen}(\omega t) \Big|_0^\pi$$

$$f(t)_{av} = \frac{1}{T_2 - T_1} \int_{T_1}^{T_2} f(t) dt$$

$$E_{(av)} = \frac{1}{T} \int_0^T e(\omega t) d(\omega t) = \frac{1}{\pi} \int_0^\pi E_{(m)} \underbrace{\text{sen}(\omega t)}_{\text{sen}(u)} \underbrace{d(\omega t)}_{du}$$

$$\int \text{sen}(u) du = -\cos(u) + C \therefore E_{(av)} = -\frac{E_{(m)}}{\pi} \cos(\omega t) \Big|_0^\pi$$

$$E_{(av)} = -\frac{E_{(m)}}{\pi} [\cos(\pi) - \cos(0)] = -\frac{E_{(m)}}{\pi} [-1 - 1] = \frac{2E_{(m)}}{\pi} = 0,636E_{(m)}$$



3.2. Equação e Parâmetro de uma Onda Senoidal

Valor Eficaz de uma Tensão Senoidal

$$e(\omega t) = E_{(m)} \text{sen}(\omega t) [V] \quad f(t)_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T_2 - T_1} \int_{T_1}^{T_2} [f(t)]^2 dt}$$

$$E_{(rms)} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T e^2(\omega t) d(\omega t)} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} [E_{(m)} \text{sen}(\omega t)]^2 d(\omega t)} \quad E_{(rms)} = \sqrt{\frac{E_{(m)}^2}{2\pi} \int_0^{2\pi} \text{sen}^2(\omega t) d(\omega t)}$$

$$E_{(rms)} = \sqrt{\frac{E_{(m)}^2}{2\pi} \int_0^{2\pi} \left[\frac{1}{2} - \frac{1}{2} \cos(2\omega t) \right] d(\omega t)} \quad E_{(rms)} = \sqrt{\frac{E_{(m)}^2}{2\pi} \left\{ \int_0^{2\pi} \left[\frac{1}{2} \right] d(\omega t) - \int_0^{2\pi} \left[\frac{1}{2} \underbrace{\cos(2\omega t)}_{\cos(u)} \right] \frac{1}{2} \underbrace{2d(\omega t)}_{du} \right\}}$$

3.2. Equação e Parâmetro de uma Onda Senoidal

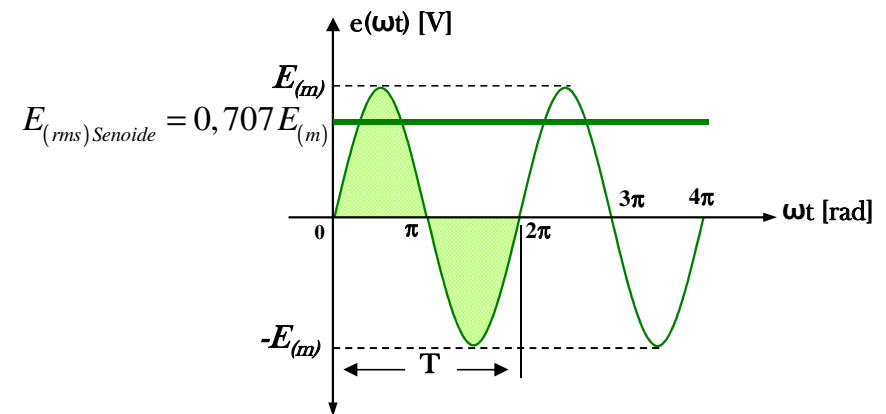
Valor Eficaz de uma Tensão Senoidal

$$E_{(rms)} = \sqrt{\frac{E_{(m)}^2}{2\pi} \left\{ \left[\frac{\omega t}{2} \right]_0^{2\pi} - \frac{1}{4} \left[\text{sen}(2\omega t) \right]_0^{2\pi} \right\}}$$

$$E_{(rms)} = \sqrt{\frac{E_{(m)}^2}{2\pi} \left\{ \frac{2\pi - 0}{2} - \frac{1}{4} \left[\text{sen}(2(2\pi)) - \text{sen}(2(0)) \right] \right\}}$$

$$E_{(rms)} = \sqrt{\frac{E_{(m)}^2}{2\pi} \pi}$$

$$E_{(rms)} = \sqrt{\frac{E_{(m)}^2}{2}} = \frac{\sqrt{E_{(m)}^2}}{\sqrt{2}} = \frac{E_{(m)}}{\sqrt{2}} = 0,707 E_{(m)}$$



3.2. Equação e Parâmetro de uma Onda Senoidal

Valor Eficaz de Meio Ciclo de uma Tensão Senoidal

$$e(\omega t) = E_{(m)} \text{sen}(\omega t) [V] \left\{ \begin{array}{l} e(\omega t) = E_{(m)} \text{sen}(\omega t) \Big|_0^\pi \\ e(\omega t) = 0 \Big|_\pi^{2\pi} \end{array} \right. \quad f(t)_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T_2 - T_1} \int_{T_1}^{T_2} [f(t)]^2 dt}$$

$$E_{(rms)} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T e^2(\omega t) d(\omega t)} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^\pi [E_{(m)} \text{sen}(\omega t)]^2 d(\omega t)} \quad E_{(rms)} = \sqrt{\frac{E_{(m)}^2}{2\pi} \int_0^\pi \text{sen}^2(\omega t) d(\omega t)}$$

$$E_{(rms)} = \sqrt{\frac{E_{(m)}^2}{2\pi} \int_0^\pi \left[\frac{1}{2} - \frac{1}{2} \cos(2\omega t) \right] d(\omega t)} \quad E_{(rms)} = \sqrt{\frac{E_{(m)}^2}{2\pi} \left\{ \int_0^\pi \left[\frac{1}{2} \right] d(\omega t) - \int_0^\pi \left[\frac{1}{2} \underbrace{\cos(2\omega t)}_{\cos(u)} \right] \frac{1}{2} \underbrace{2d(\omega t)}_{du} \right\}}$$

3.2. Equação e Parâmetro de uma Onda Senoidal

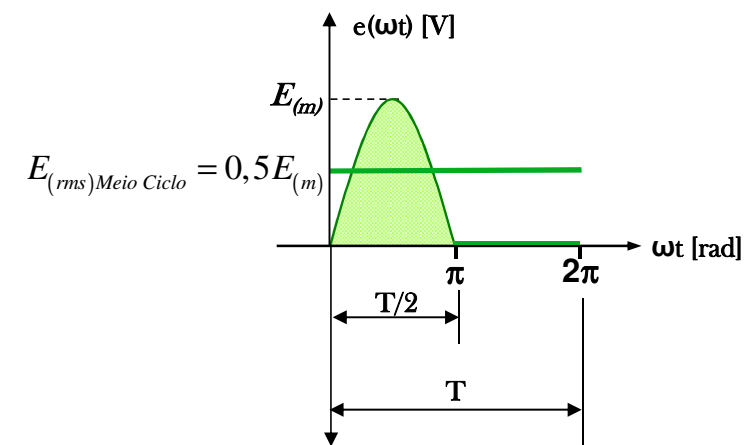
Valor Eficaz de Meio Ciclo de uma Tensão Senoidal

$$E_{(rms)} = \sqrt{\frac{E_{(m)}^2}{2\pi} \left\{ \left[\frac{\omega t}{2} \right]_0^\pi - \frac{1}{4} \left[\text{sen}(2\omega t) \right]_0^\pi \right\}}$$

$$E_{(rms)} = \sqrt{\frac{E_{(m)}^2}{2\pi} \left\{ \frac{\pi - 0}{2} - \frac{1}{4} \left[\text{sen}(2(\pi)) - \text{sen}(2(0)) \right] \right\}}$$

$$E_{(rms)} = \sqrt{\frac{E_{(m)}^2}{2\pi} \frac{\pi}{2}}$$

$$E_{(rms)} = \sqrt{\frac{E_{(m)}^2}{4}} = \frac{\sqrt{E_{(m)}^2}}{\sqrt{4}} = \frac{E_{(m)}}{2} = 0,5 E_{(m)}$$



3.2. Equação e Parâmetro de uma Onda Senoidal

Valor Eficaz de Pulso Senoidal

$$e(\omega t) = E_{(m)} \text{sen}(\omega t) [V] \quad 0 \leq \omega t \leq \pi$$

$$e(\omega t) = E_{(m)} \text{sen}(\omega t) \Big|_0^\pi \qquad f(t)_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T_2 - T_1} \int_{T_1}^{T_2} [f(t)]^2 dt}$$

$$E_{(rms)} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T e^2(\omega t) d(\omega t)} = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_0^\pi [E_{(m)} \text{sen}(\omega t)]^2 d(\omega t)} \qquad E_{(rms)} = \sqrt{\frac{E_{(m)}^2}{\pi} \int_0^\pi \text{sen}^2(\omega t) d(\omega t)}$$

$$E_{(rms)} = \sqrt{\frac{E_{(m)}^2}{\pi} \int_0^\pi \left[\frac{1}{2} - \frac{1}{2} \cos(2\omega t) \right] d(\omega t)} \qquad E_{(rms)} = \sqrt{\frac{E_{(m)}^2}{\pi} \left\{ \int_0^\pi \left[\frac{1}{2} \right] d(\omega t) - \int_0^\pi \left[\frac{1}{2} \underbrace{\cos(2\omega t)}_{\cos(u)} \right] \frac{1}{2} \underbrace{2d(\omega t)}_{du} \right\}}$$

3.2. Equação e Parâmetro de uma Onda Senoidal

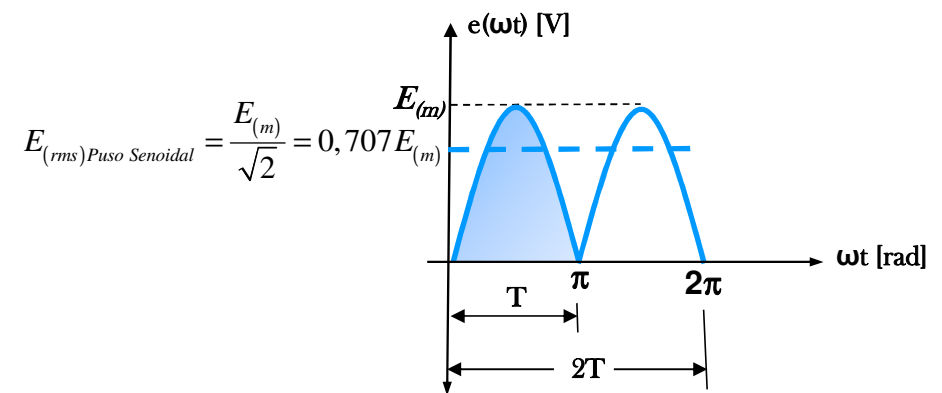
Valor Eficaz de Pulso Senoidal

$$E_{(rms)} = \sqrt{\frac{E_{(m)}^2}{\pi} \left\{ \left[\frac{\omega t}{2} \right]_0^\pi - \frac{1}{4} \left[\text{sen}(2\omega t) \right]_0^\pi \right\}}$$

$$E_{(rms)} = \sqrt{\frac{E_{(m)}^2}{\pi} \left\{ \frac{\pi - 0}{2} - \frac{1}{4} \left[\text{sen}(2(\pi)) - \text{sen}(2(0)) \right] \right\}}$$

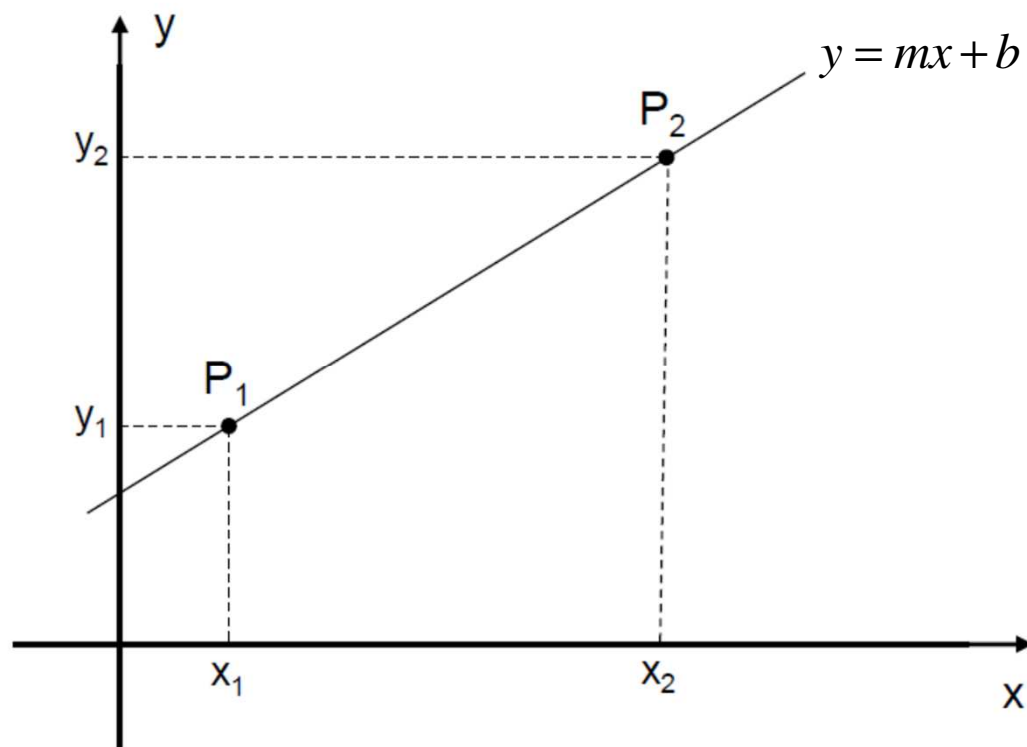
$$E_{(rms)} = \sqrt{\frac{E_{(m)}^2}{\pi} \frac{\pi}{2}}$$

$$E_{(rms)} = \sqrt{\frac{E_{(m)}^2}{2}} = \frac{\sqrt{E_{(m)}^2}}{\sqrt{2}} = \frac{E_{(m)}}{\sqrt{2}} = 0,707 E_{(m)}$$



3.2. Equação e Parâmetro de uma Onda Senoidal

Valor Eficaz de Onda Triangular: Equação da Reta



$$m = \frac{\Delta Y}{\Delta X} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

$$y - y_0 = m(x - x_0)$$

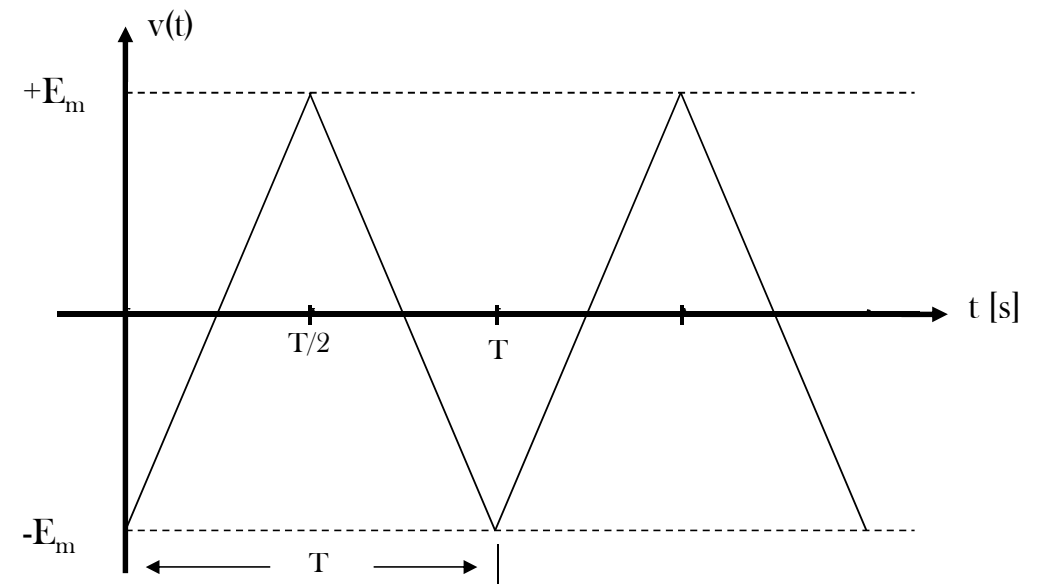
$$y = mx + b$$

3.2. Equação e Parâmetro de uma Onda Senoidal

Valor Eficaz de Onda Triangular: Equação da Reta

$$\text{De } 0 \text{ a } T/2 \therefore e(t) = \frac{4E_m}{T}t - E_m$$

$$\text{De } T/2 \text{ a } T \therefore e(t) = -\frac{4E_m}{T}t + 3E_m$$



3.2. Equação e Parâmetro de uma Onda Senoidal

Valor Eficaz de Onda Triangular: Equação da Reta

$$e(\omega t) = E_{(m)} \sin(\omega t) \Big|_0^\pi$$

$$f(t)_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T_2 - T_1} \int_{T_1}^{T_2} [f(t)]^2 dt}$$

$$E_{(rms)} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T e^2(\omega t) d(\omega t)} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} \left[\frac{4E_m}{T} t - E_m \right]^2 d(t) + \frac{1}{T} \int_{\frac{T}{2}}^T \left[-\frac{4E_m}{T} t + 3E_m \right]^2 d(t)}$$

$$E_{(rms)} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} \left[\left(\frac{4E_m}{T} t \right)^2 - 2 \left(\frac{4E_m}{T} t \right) (E_m) + (-E_m)^2 \right] d(t) + \frac{1}{T} \int_{\frac{T}{2}}^T \left[\left(-\frac{4E_m}{T} t \right)^2 + 2 \left(-\frac{4E_m}{T} t \right) (3E_m) + (3E_m)^2 \right] d(t)}$$

3.2. Equação e Parâmetro de uma Onda Senoidal

Valor Eficaz de Onda Triangular: Equação da Reta

$$E_{(rms)} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} \left[\frac{16E_m^2}{T^2} t^2 - \frac{8E_m^2}{T} t + E_m^2 \right] d(t) + \frac{1}{T} \int_{\frac{T}{2}}^T \left[\frac{16E_m^2}{T^2} t^2 - \frac{24E_m^2}{T} t + 9E_m^2 \right] d(t)}$$

$$E_{(rms)} = \sqrt{\frac{E_m^2}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} \left[\frac{16}{T^2} t^2 - \frac{8}{T} t + 1 \right] d(t) + \frac{E_m^2}{T} \int_{\frac{T}{2}}^T \left[\frac{16}{T^2} t^2 - \frac{24}{T} t + 9 \right] d(t)}$$

$$E_{(rms)} = \sqrt{\frac{E_m^2}{T} \left\{ \left[\frac{16}{T^2} \frac{t^3}{3} - \frac{8}{T} \frac{t^2}{2} + t \right]_0^{\frac{T}{2}} + \left[\frac{16}{T^2} \frac{t^3}{3} - \frac{24}{T} \frac{t^2}{2} + 9t \right]_{\frac{T}{2}}^T \right\}}$$

3.2. Equação e Parâmetro de uma Onda Senoidal

Valor Eficaz de Onda Triangular: Equação da Reta

$$E_{(rms)} = \sqrt{\frac{E_m^2}{T} \left\{ \left[\frac{16 \left(\frac{T}{2} \right)^3 - (0)^3}{T^2 \cdot 3} - \frac{8 \left(\frac{T}{2} \right)^2 - (0)^2}{T \cdot 2} + \left(\frac{T}{2} \right) - (0) \right] + \left[\frac{16 (T)^3 - \left(\frac{T}{2} \right)^3}{T^2 \cdot 3} - \frac{24 (T)^2 - \left(\frac{T}{2} \right)^2}{T \cdot 2} + 9 \left((T) - \left(\frac{T}{2} \right) \right) \right] \right\}}$$

$$E_{(rms)} = \sqrt{\frac{E_m^2}{T} \left\{ \left[\frac{16 \left(\frac{T^3}{8} \right)}{T^2 \cdot 3} - \frac{8 \left(\frac{T^2}{4} \right)}{T \cdot 2} + \left(\frac{T}{2} \right) \right] + \left[\frac{16 T^3 - \left(\frac{T^3}{8} \right)}{T^2 \cdot 3} - \frac{24 T^2 - \left(\frac{T^2}{4} \right)}{T \cdot 2} + 9 \left(\frac{T}{2} \right) \right] \right\}}$$

$$E_{(rms)} = \sqrt{\frac{E_m^2}{T} \left\{ \left[\frac{16 T^3}{T^2 \cdot 24} - \frac{8 T^2}{T \cdot 8} + \left(\frac{T}{2} \right) \right] + \left[\frac{16 \left(\frac{7T^3}{8} \right)}{T^2 \cdot 3} - \frac{24 \frac{3T^2}{4}}{T \cdot 2} + 9T \right] \right\}}$$

3.2. Equação e Parâmetro de uma Onda Senoidal

Valor Eficaz de Onda Triangular: Equação da Reta

$$E_{(rms)} = \sqrt{\frac{E_m^2}{T} \left\{ \left[\frac{16}{T^2} \frac{T^3}{24} - \frac{8}{T} \frac{T^2}{8} + \left(\frac{T}{2} \right) \right] + \left[\frac{16}{T^2} \left(\frac{7T^3}{8} \right) - \frac{24}{T} \frac{3T^2}{4} + 9T \right] \right\}}$$

$$E_{(rms)} = \sqrt{\frac{E_m^2}{T} \left\{ \left[\frac{2}{3}T - T + \frac{T}{2} \right] + \left[\frac{14}{3}T - 9T + 9T \right] \right\}}$$

$$E_{(rms)} = \sqrt{\frac{E_m^2}{T} \left\{ \left[\frac{4T - 6T + 3T}{6} \right] + \left[\frac{14T}{3} \right] \right\}}$$

$$E_{(rms)} = \sqrt{\frac{E_m^2}{T} \left\{ \frac{T}{6} + \frac{14T}{3} \right\}}$$

$$E_{(rms)} = \sqrt{\frac{E_m^2}{T} \left\{ \frac{T + 28T}{6} \right\}}$$

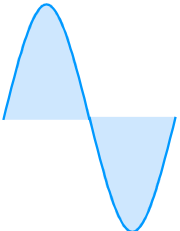
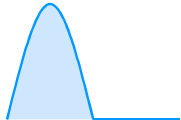
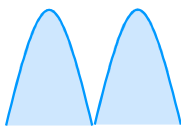
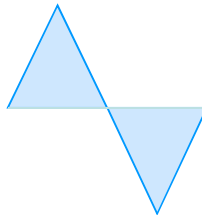
$$E_{(rms)} = \sqrt{\frac{E_m^2}{T} \left\{ \frac{29T}{6} \right\}}$$

$$E_{(rms)} = \sqrt{\frac{29}{6}} E_m$$

$$E_{(rms)} = \frac{E_m}{\sqrt{3}}$$

3.2. Equação e Parâmetro de uma Onda Senoidal

Quadro Resumo: Valor Médio e Valor Eficaz

Forma de Onda				
Valor Médio	0	$\frac{E_m}{\pi}$	$\frac{2E_m}{\pi}$	0
Valor Eficaz	$\frac{E_m}{\sqrt{2}}$	$\frac{E_m}{2}$	$\frac{E_m}{\sqrt{2}}$	$\frac{E_m}{\sqrt{3}}$

TRANSFORMADOR

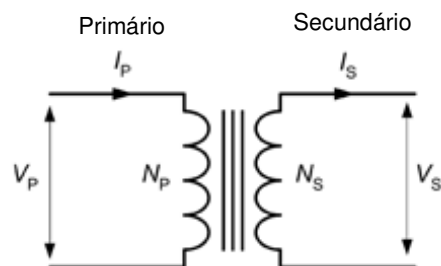
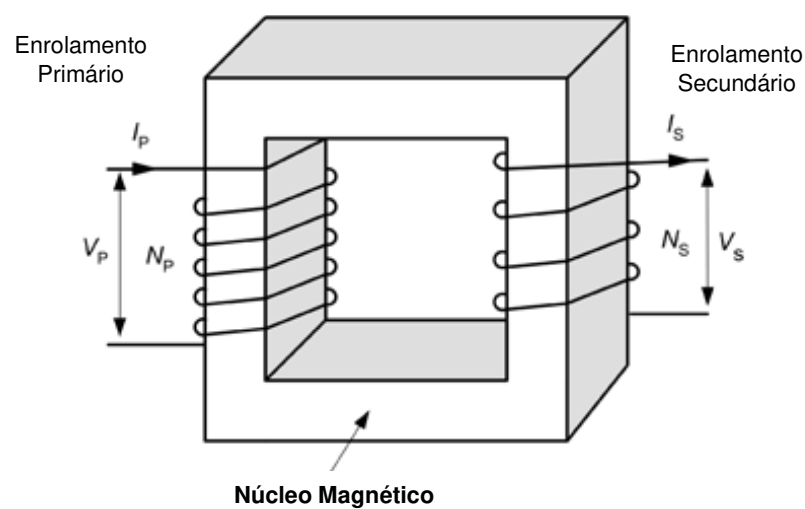
3.3. Transformador

Relações de Transformação

- A tensão na linha é muito alta para a maioria dos dispositivos, como diodo e transistor, usados nos equipamentos eletrônicos.
- Por esse motivo um transformador é encontrado nos equipamentos eletrônicos.
- O objetivo do transformador é abaixar a tensão alternada da rede a níveis compatíveis com um determinado dispositivo eletrônico.
- O transformador apresenta o enrolamento primário ligado a rede elétrica externa e o enrolamento secundário ligado ao dispositivo eletrônico em uso.
- Na simbologia as duas linhas verticais entre os enrolamentos do primário e secundário indicam que as espiras estão enroladas em um núcleo de ferro.

3.3. Transformador

Relações de Transformação



$$\frac{N_P}{N_S} = \frac{V_P}{V_S} = \frac{I_S}{I_P}$$

$$V_S = \frac{N_S}{N_P} V_P$$

$$I_S = \frac{N_P}{N_S} I_P$$

N_P = Número de espiras do primário

N_S = Número de espiras do secundário

V_P = Tensão no primário

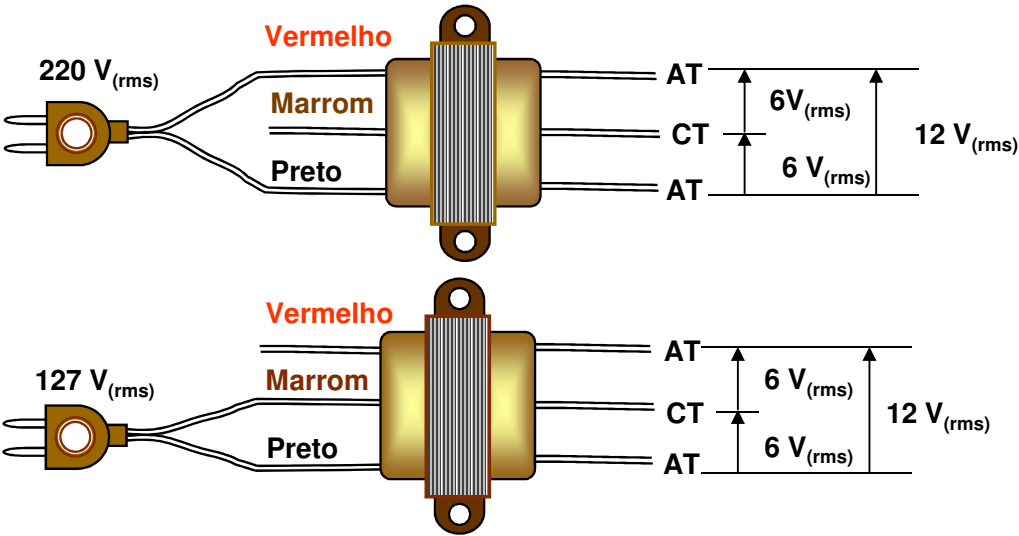
V_S = Tensão no secundário

I_P = Corrente no primário

I_S = Corrente no secundário

3.3. Transformador

Transformador com Center Tap



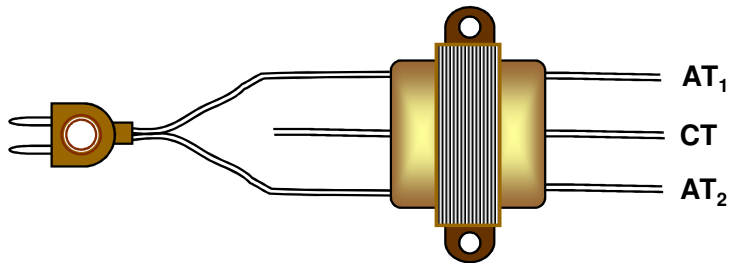
Transformador de 127/220 (V_{ef}) / (6 + 6) (V_{ef})

3

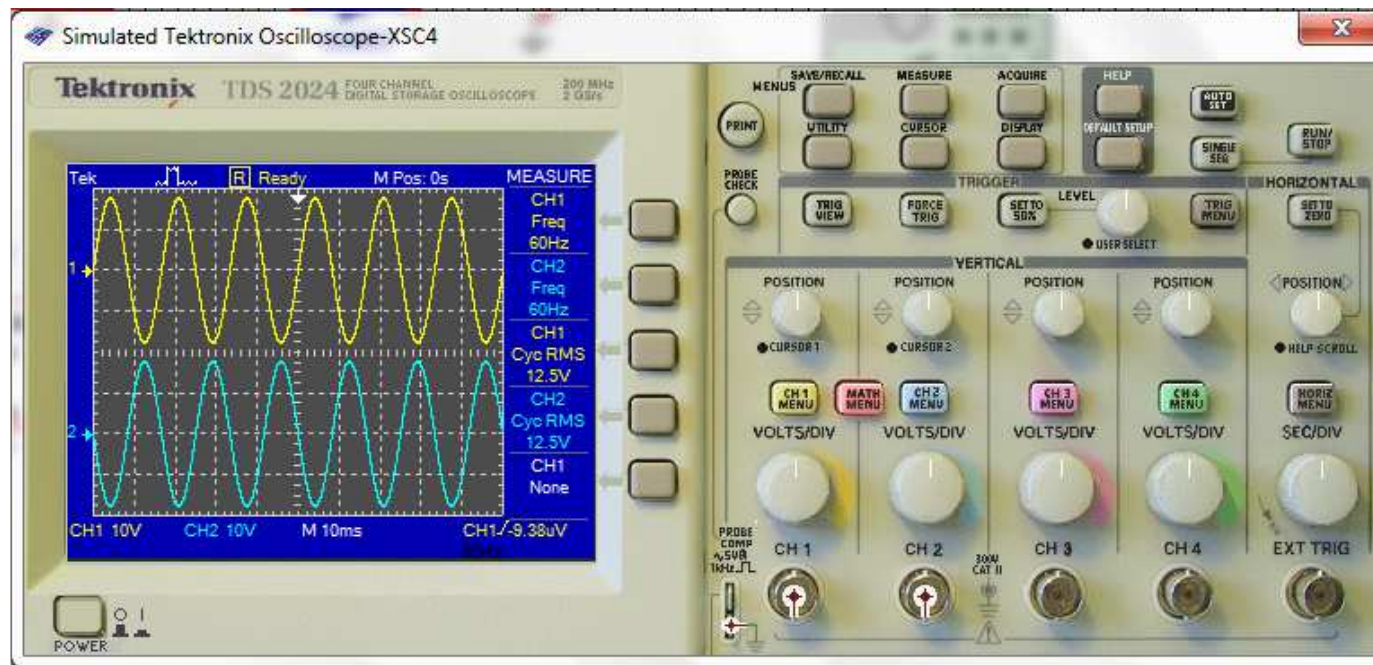
FONTE DE ALIMENTAÇÃO ANALÓGICA

3.3. Transformador

Transformador com Center Tap



As tensões nos terminais AT_1 e AT_2 , em relação ao terminal CT , estão defasadas de 180° .



3.3. Transformador

Especificação do Transformador

A potência de um transformador é especificada em função da **capacidade de seu secundário fornecer energia a uma carga** a ele conectada e pode ser determinada por

$$P_{Trafo} = V_{s(rms)} I_{s(rms)}$$

onde:

$V_{s(rms)}$ é a tensão eficaz no secundário do transformador

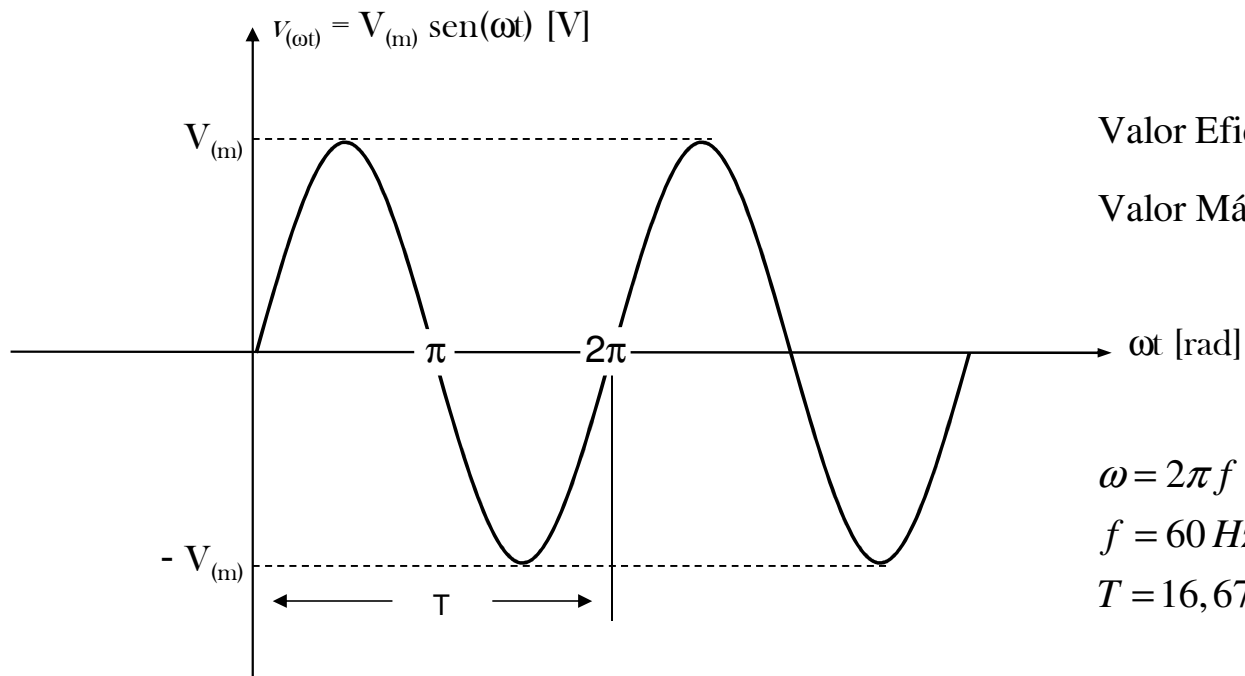
$I_{s(rms)}$ é a corrente eficaz que flui pelo enrolamento secundário do transformador

RETIFICADORES

RETIFICADOR DE MEIA ONDA

3.4. Retificador de Meia Onda

Rede elétrica Padrão Brasil



Valor Eficaz : $V_{(rms)} = 127 / 220 / 380V$

Valor Máximo : $V_{(m)} = \sqrt{2} V_{(rms)}$

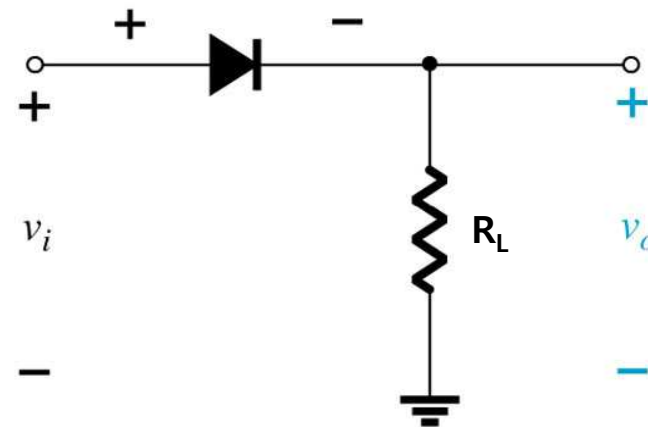
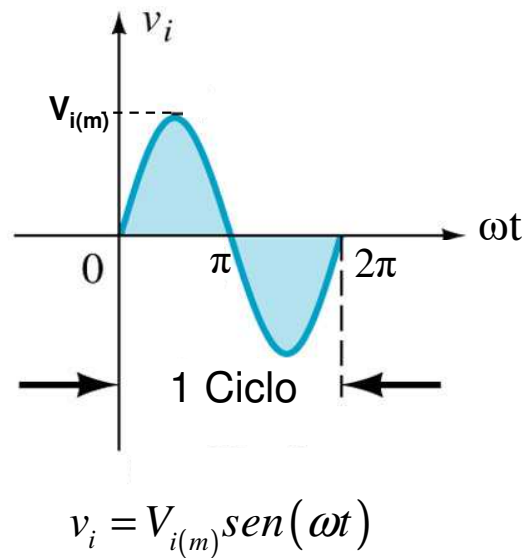
$$\omega = 2\pi f$$

$$f = 60 \text{ Hz}$$

$$T = 16,67 \text{ ms}$$

3.4. Retificador de Meia Onda

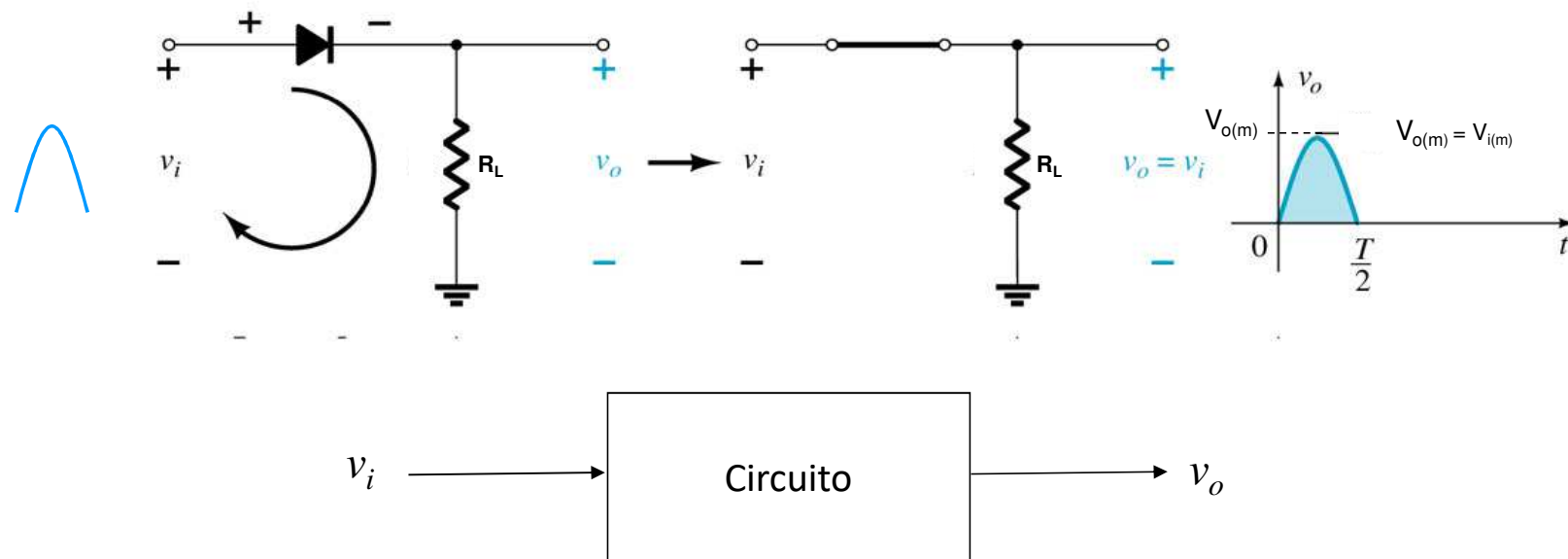
Retificador com Diodo Ideal



3.4. Retificador de Meia Onda

Retificador com Diodo Ideal

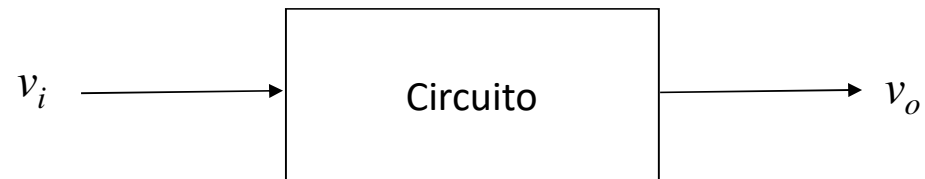
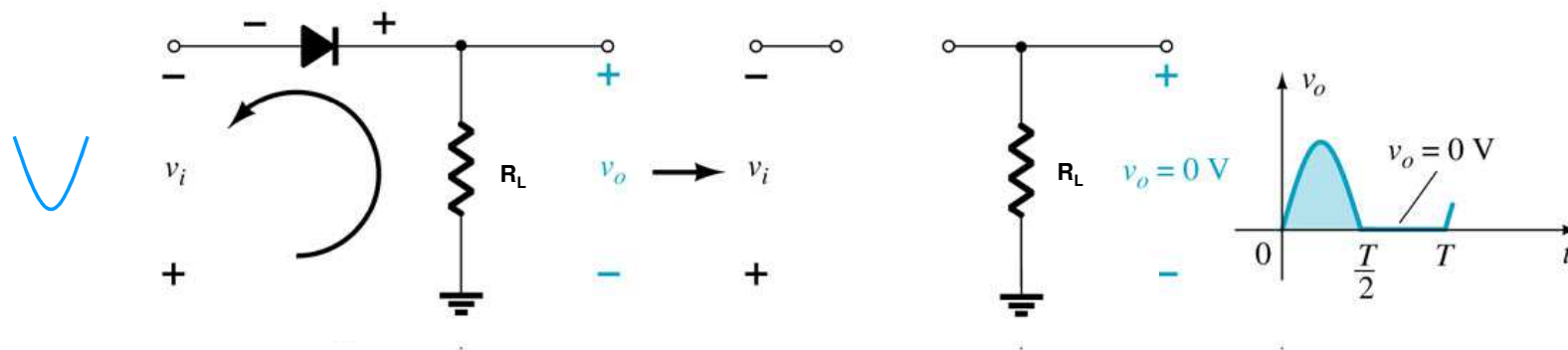
Diodo com Polarização Direta



3.4. Retificador de Meia Onda

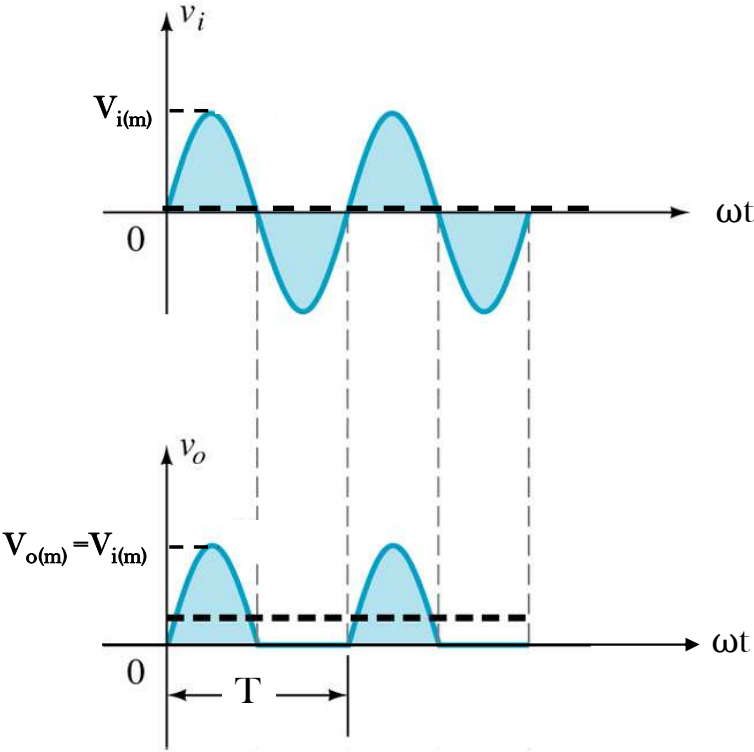
Retificador com Diodo Ideal

Diodo com Polarização Reversa



3.4. Retificador de Meia Onda

Retificador com Diodo Ideal

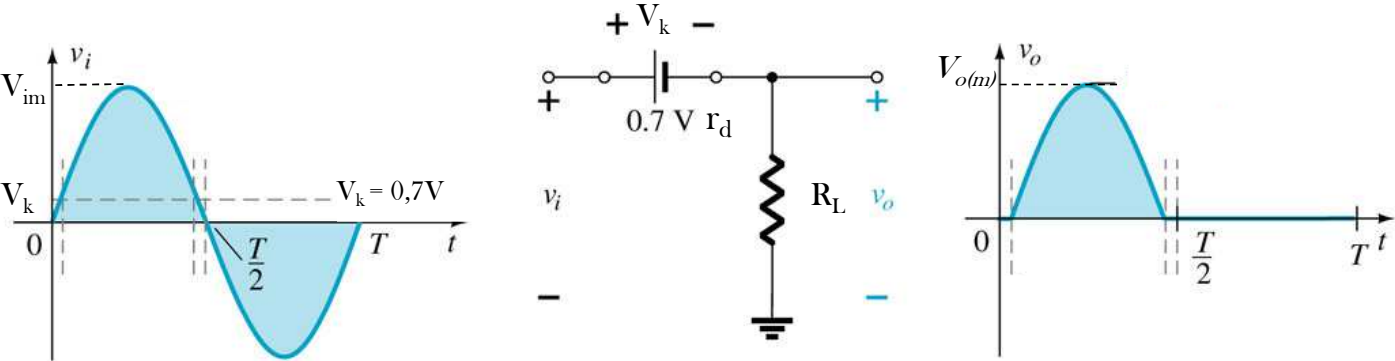


$V_{i(av)} = 0[V]$
 $V_{i(rms)} = \frac{V_{i(m)}}{\sqrt{2}}[V]$

$V_{o(av)} = \frac{V_{o(m)}}{\pi} = \frac{V_{i(m)}}{\pi}[V]$
 $V_{o(rms)} = \frac{V_{o(m)}}{2} = \frac{V_{i(m)}}{2}[V]$

3.4. Retificador de Meia Onda

Retificador com Diodo Real

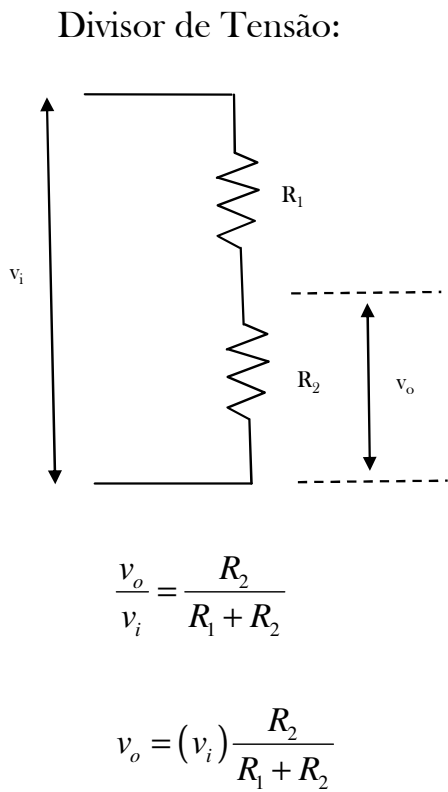
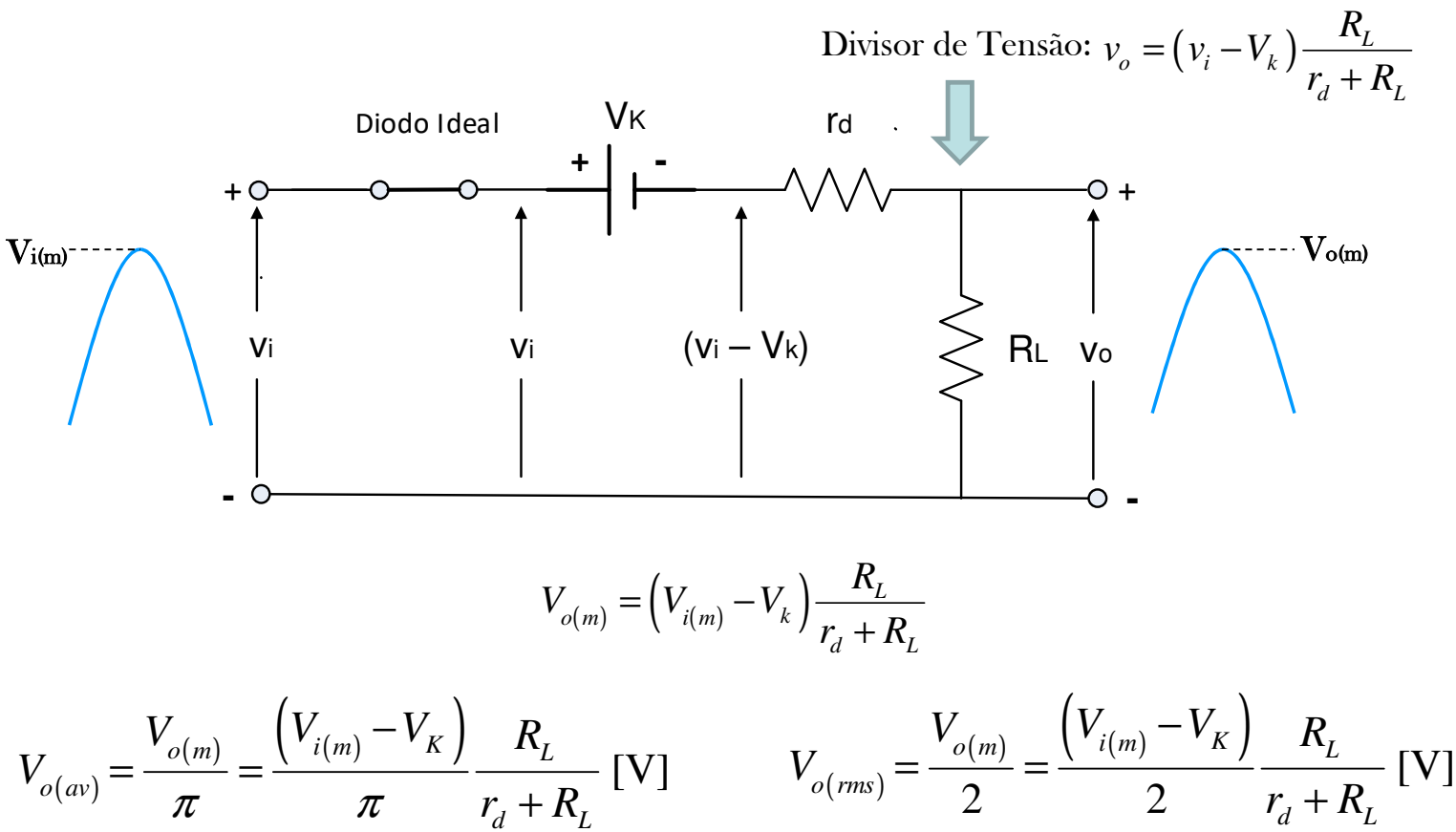


$$V_{o(av)} = \frac{V_{o(m)}}{\pi} [V]$$

$$V_{o(rms)} = \frac{V_{o(m)}}{2} [V]$$

3.4. Retificador de Meia Onda

Retificador com Diodo Real



3.4. Retificador de Meia Onda

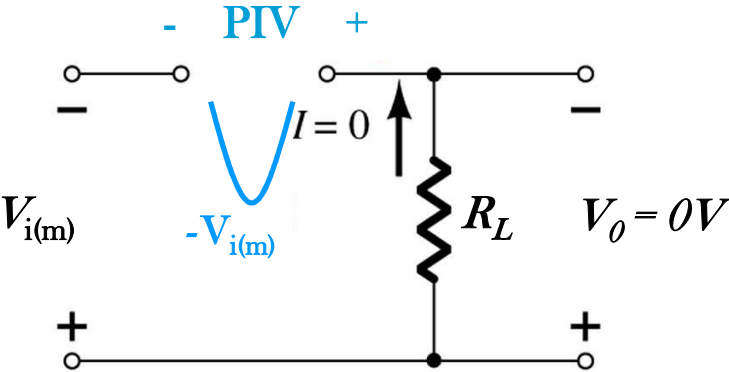
Especificação do Diodo

A especificação do diodo semicondutor a ser utilizado nos retificadores é feita basicamente em função dos parâmetros

- V_{RRM} (*Peak Repetitive Reverse Voltage*): Deve ser maior do que a Tensão do Pico Inversa (PIV: *Peak Inverse Voltage*) a que o diodo estiver submetido quando em polarização reversa.
- I_{FRM} (*Peak Repetitive Forward Current*): Deve ser maior do que a corrente de pico a que o diodo estiver submetido quando em polarização direta.
- I_{FAV} (*Average Forward Current*): Deve ser maior do que a corrente média pelo diodo quando em polarização direta.

3.4. Retificador de Meia Onda

Especificações do Diodo (V_{RRM})



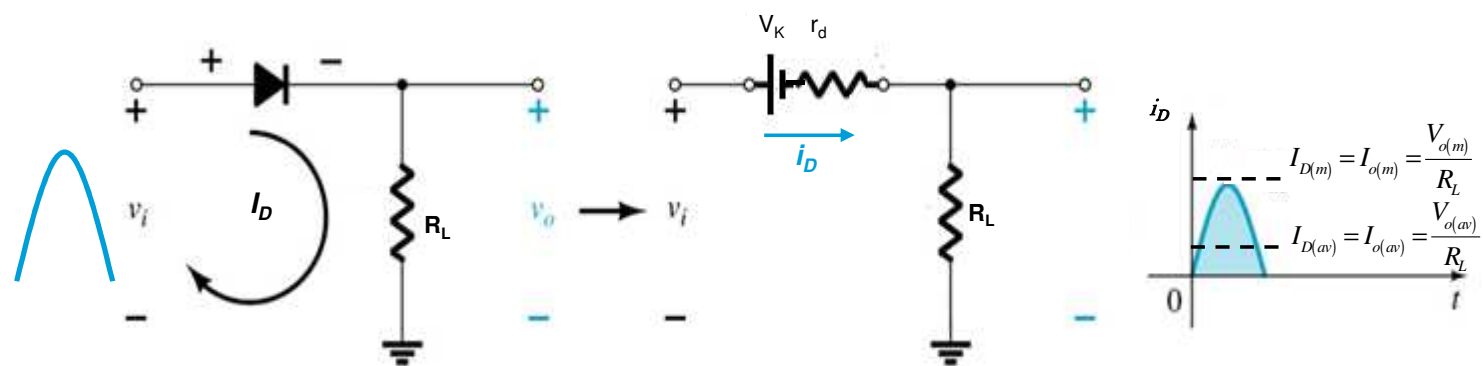
Polarização Reversa

$$PIV = V_{i(m)}$$

$$V_{RRM} \geq PIV$$

3.4. Retificador de Meia Onda

Especificações do Diodo (I_{FAV}) e (I_{FRM})



Polarização Direta $\therefore I_{FRM} \geq I_{D(m)} \therefore I_{FAV} \geq I_{D(av)}$

$$I_{D(m)} = I_{o(m)} = \frac{V_{o(m)}}{R_L} = \frac{V_{i(m)}}{R_L} \Bigg|_{\text{Diodo Ideal}}$$

$$I_{D(m)} = I_{o(m)} = \frac{V_{o(m)}}{R_L} = \frac{(V_{i(m)} - V_K)}{r_d + R_L} \Bigg|_{\text{Diodo Real}}$$

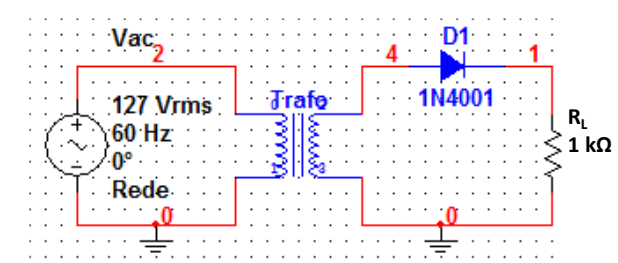
$$I_{D(av)} = I_{o(av)} = \frac{V_{o(av)}}{R_L}$$

3

FONTE DE ALIMENTAÇÃO ANALÓGICA

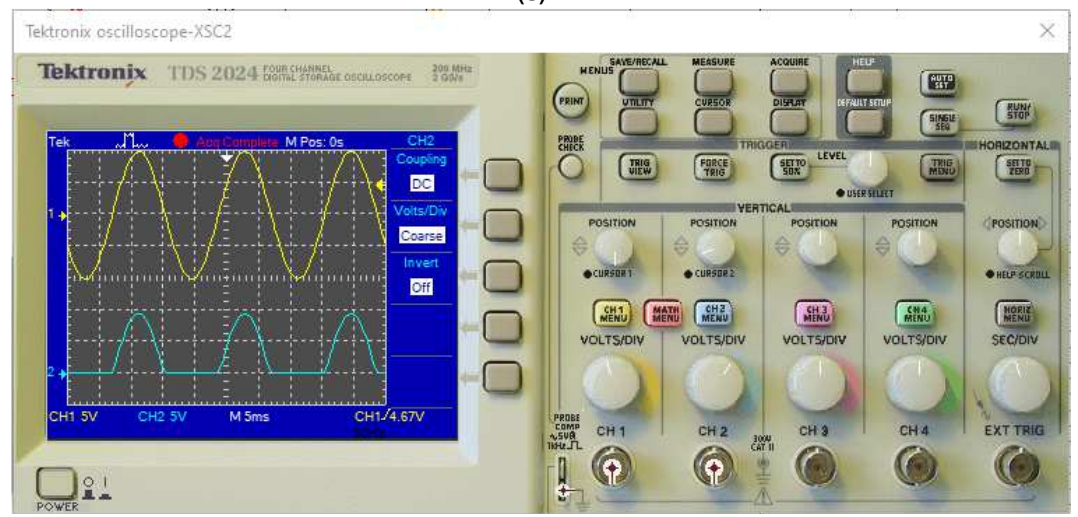
3.4. Retificador de Meia Onda

Formas de Onda em Retificadores de Meia Onda com Diodos Reais



$$V_{o(rms)} = \sqrt{(2,871)^2 + (3,581)^2} = 4,59V$$

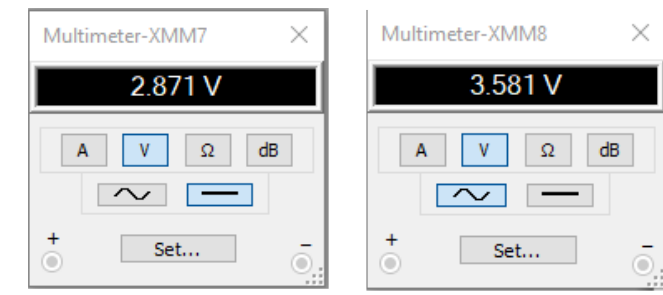
CH1: $V_{I(S)}$, CH2: V_{R1}



$$V_{o(av)} = \frac{(V_{i(m)} - V_K)}{\pi} \frac{R_L}{r_d + R_L}$$

$$V_{o(rms)} = \frac{(V_{i(m)} - V_K)}{2} \frac{R_L}{r_d + R_L}$$

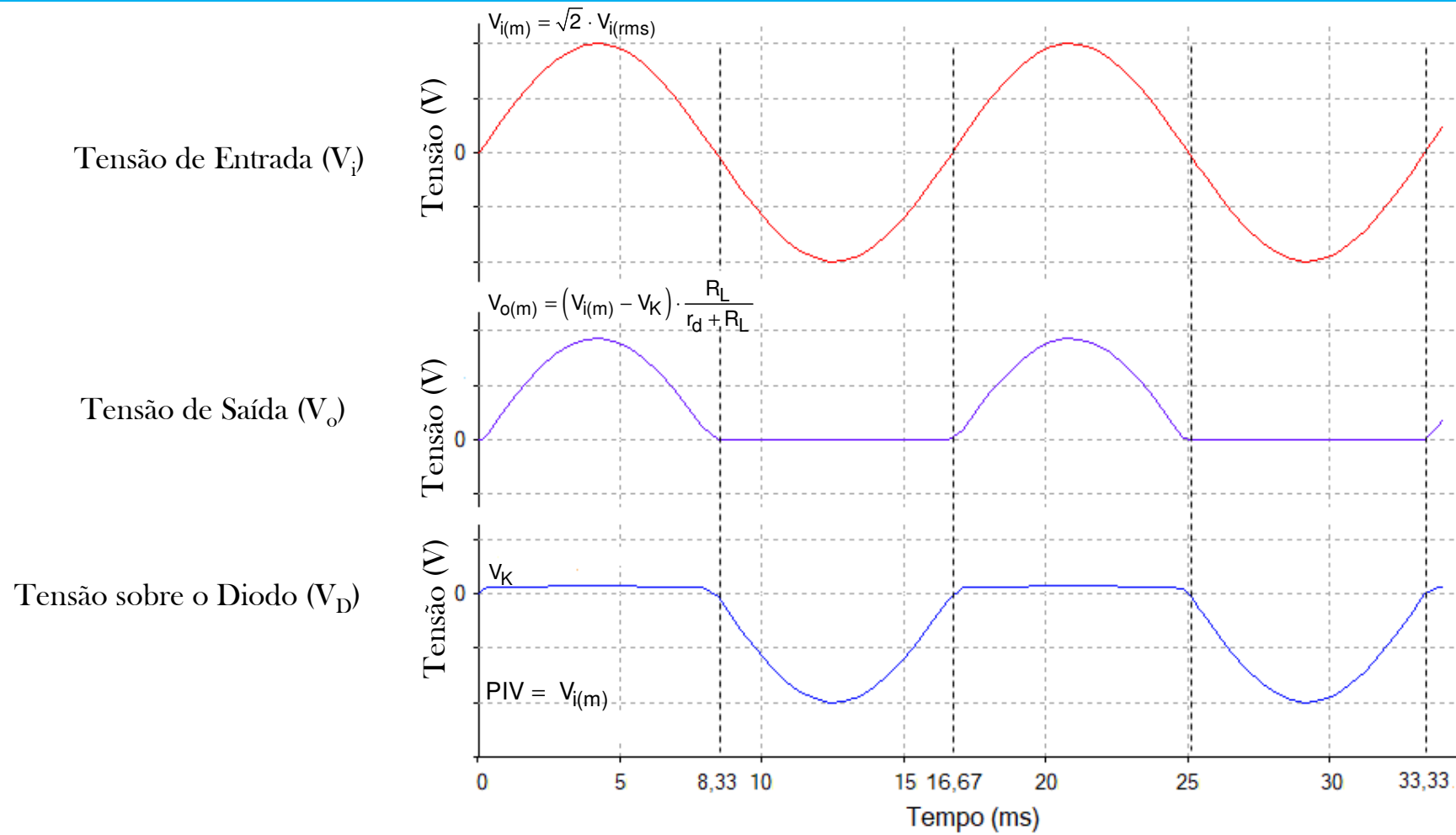
Tensão dc e ac na carga



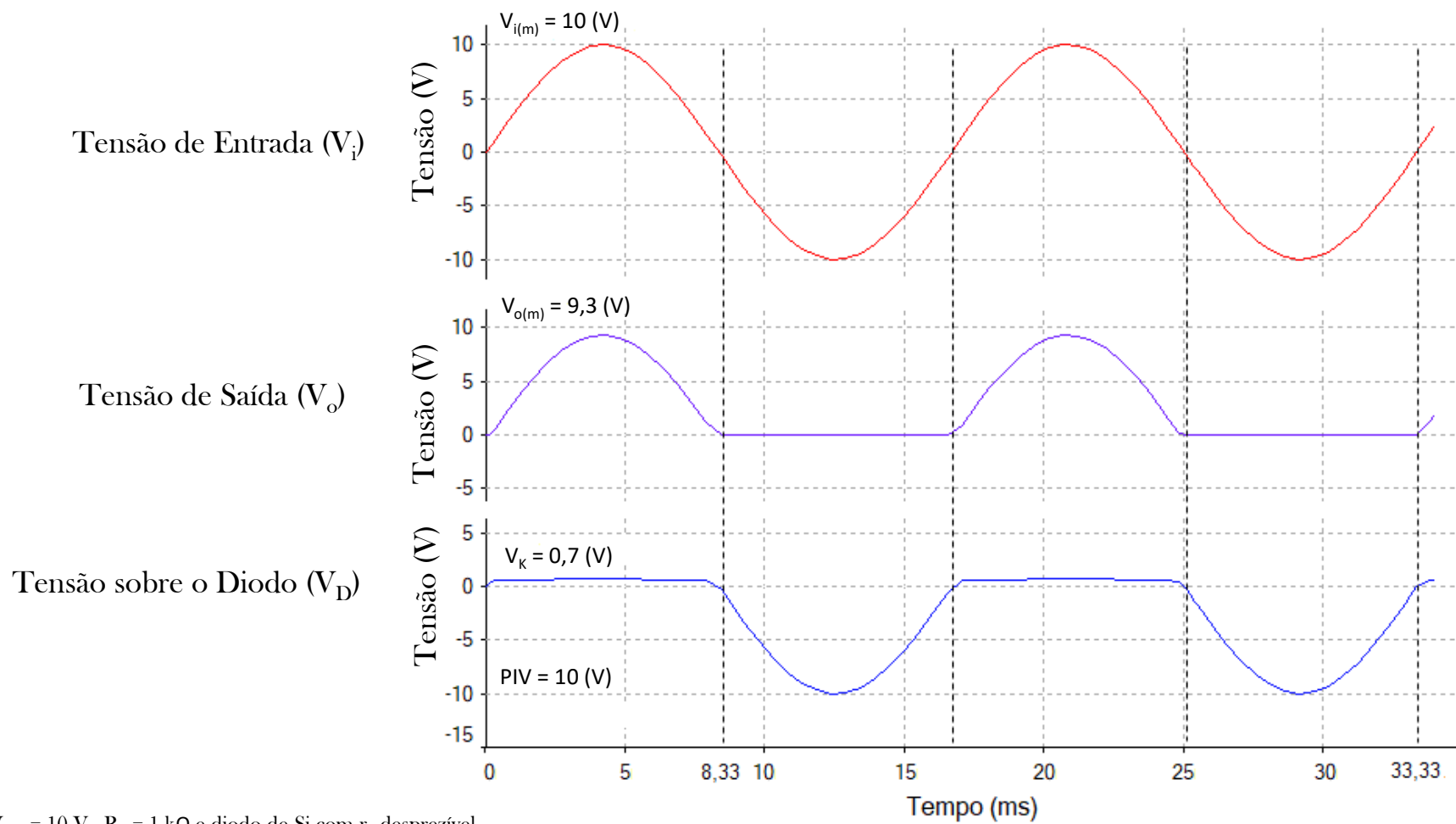
CH1: V_{D1}



3.4. Retificador de Meia Onda



3.4. Retificador de Meia Onda

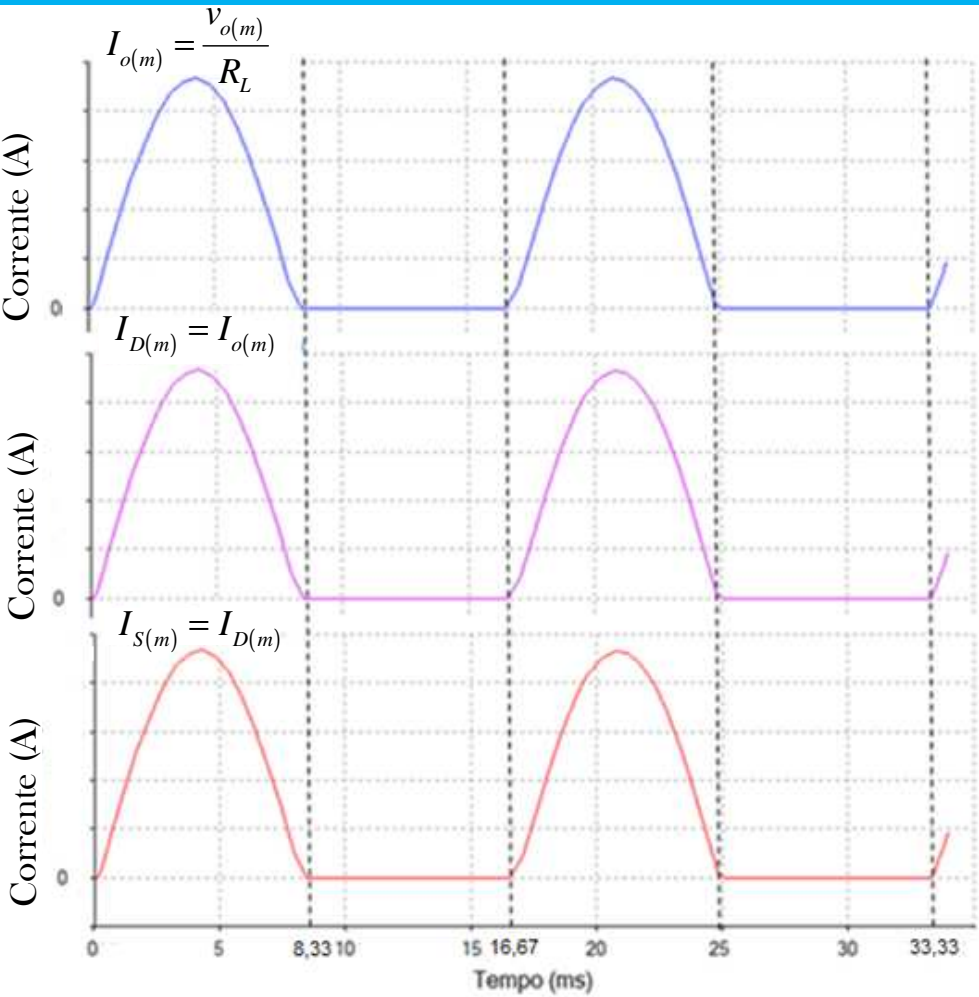


3.4. Retificador de Meia Onda

Corrente na Carga (i_o)

Corrente no Diodo (i_D)

Corrente no Secundário do Trafo(i_s)

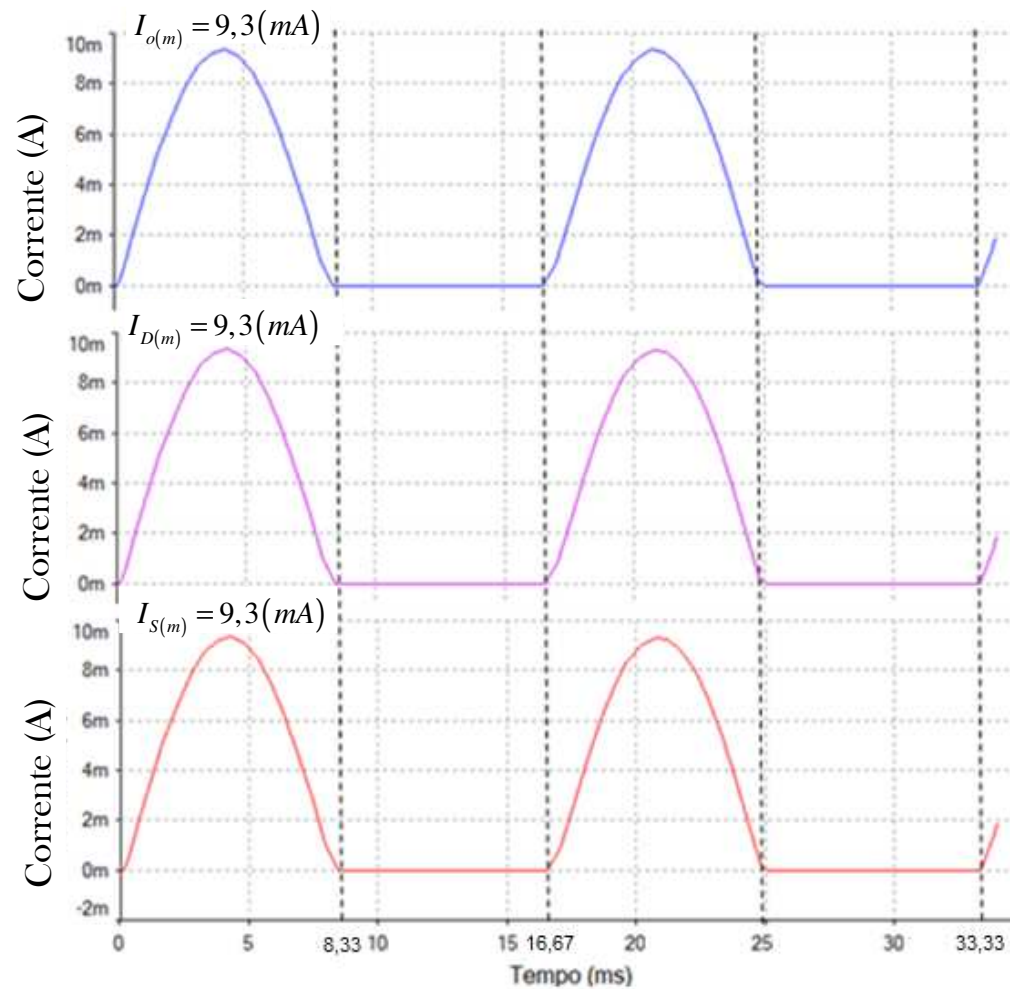


3.4. Retificador de Meia Onda

Corrente na Carga (i_o)

Corrente no Diodo (i_D)

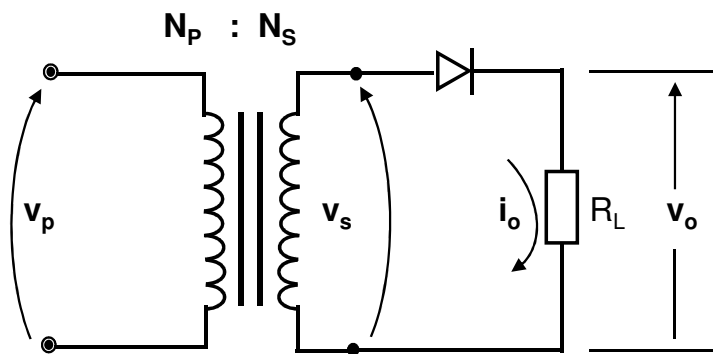
Corrente no Secundário do Trafo(i_s)



$V_{i(m)} = 10 \text{ V}$, $R_L = 1 \text{ k}\Omega$ e diodo de Si com r_d desprezível

3.4. Retificador de Meia Onda

Especificação do Transformador



$$I_{s(rms)} = I_{D(rms)} = I_{o(rms)} = \frac{I_{o(m)}}{2}$$

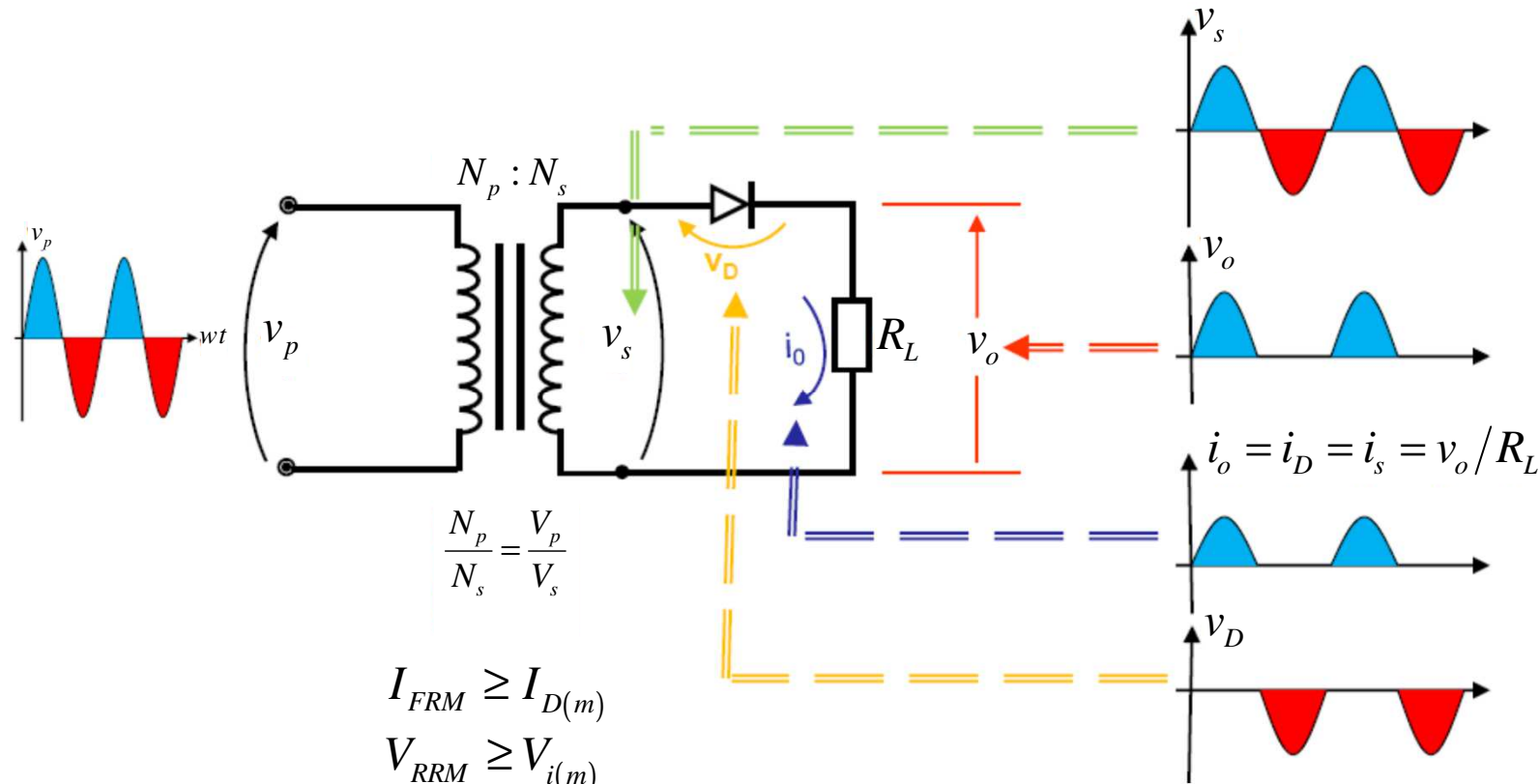
$$I_{s(m)} = I_{D(m)} = I_{o(m)} = \frac{V_{o(m)}}{R_L}$$

- Tensão Primária: Rede Elétrica (127, 220, 380 Volts Eficazes)
- Relação de Espiras ou Tensão Secundária: N_p / N_s ou $V_{s(rms)}$
- Corrente Eficaz no secundário ou Potência a ser fornecida pelo secundário: $P_{Trafo} = V_{s(rms)} I_{s(rms)} = V_{i(rms)} I_{D(rms)}$

3

FONTE DE ALIMENTAÇÃO ANALÓGICA

Formulário



$$V_{o(av)} = \frac{V_{o(m)}}{\pi} \quad V_{o(rms)} = \frac{V_{o(m)}}{2}$$

$$I_{o(av)} = \frac{V_{o(av)}}{R_L} \quad I_{o(m)} = \frac{V_{o(m)}}{R_L}$$

$$V_{o(m)} = (V_{i(m)} - V_K) \frac{R_L}{r_d + R_L}$$

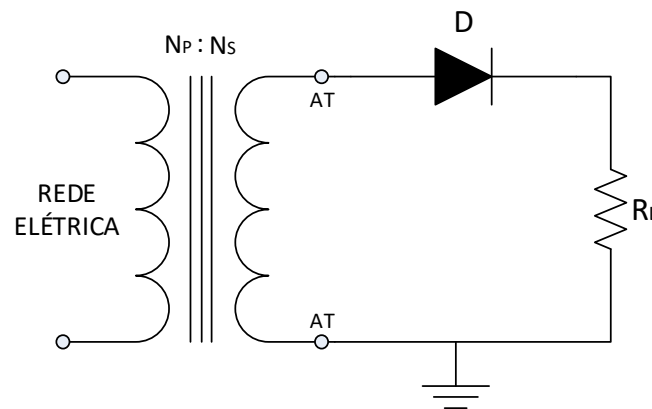
$$I_{s(rms)} = I_{o(rms)} = \frac{V_{o(rms)}}{R_L} = \frac{I_{o(m)}}{2}$$

$$P_{Trafo} = V_{s(rms)} I_{s(rms)}$$

3.4. Retificador de Meia Onda

Exemplo 3.4.1. No retificado de meia onda da Figura a seguir, sabe-se que

- A rede elétrica é de $127\text{ (V}_{\text{rms}})\text{/60 Hz}$;
- O Trafo tem relação de espiras $N_p : N_s$ igual a $10,16 : 1$ e pode fornecer até 10 (W) no seu secundário;
- O Diodo D é de Si e tem resistência dinâmica média de $2\text{ }\Omega$;
- A carga R_L é de $10\text{ }\Omega$.



3.4. Retificador de Meia Onda

Pede-se determinar:

- a) As tensões Média e Eficaz na carga R_L .
- b) A componente contínua e a componente alternada da tensão de saída.
- c) As formas de onda da tensão e da corrente na carga, esboçadas em amplitude em função de tempo.
- d) As formas de onda da tensão e da corrente sobre o diodo, esboçadas em amplitude em função do tempo.
- e) As formas de onda da tensão e da corrente no secundário do Trafo, esboçadas em amplitude em função de tempo.
- f) Os valores mínimos para os parâmetros V_{RRM} e I_{FAV} do diodo utilizado.
- g) Se o transformador utilizado suporta o nível de potência dele solicitado.

3.4. Retificador de Meia Onda

Pede-se determinar:

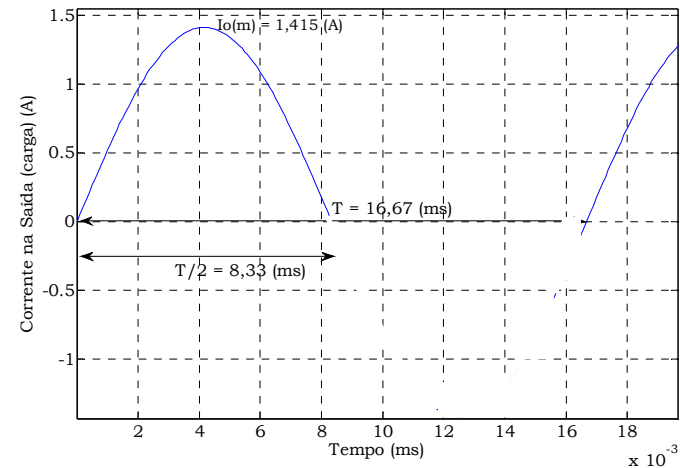
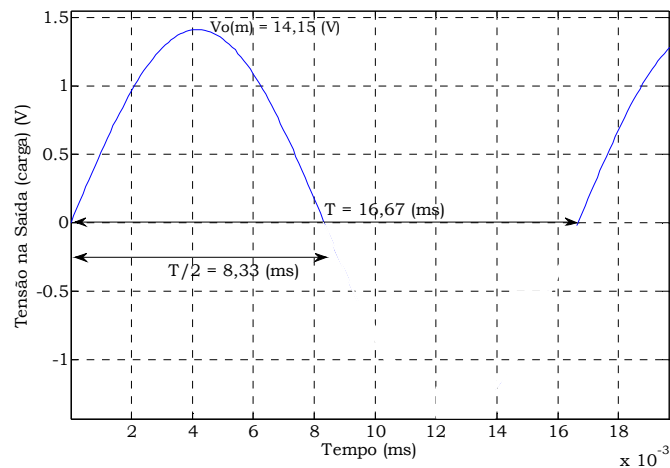
- a) As tensões Média e Eficaz na carga R_L .

3.4. Retificador de Meia Onda

Pede-se determinar:

b) A componente contínua e a componente alternada da tensão de saída.

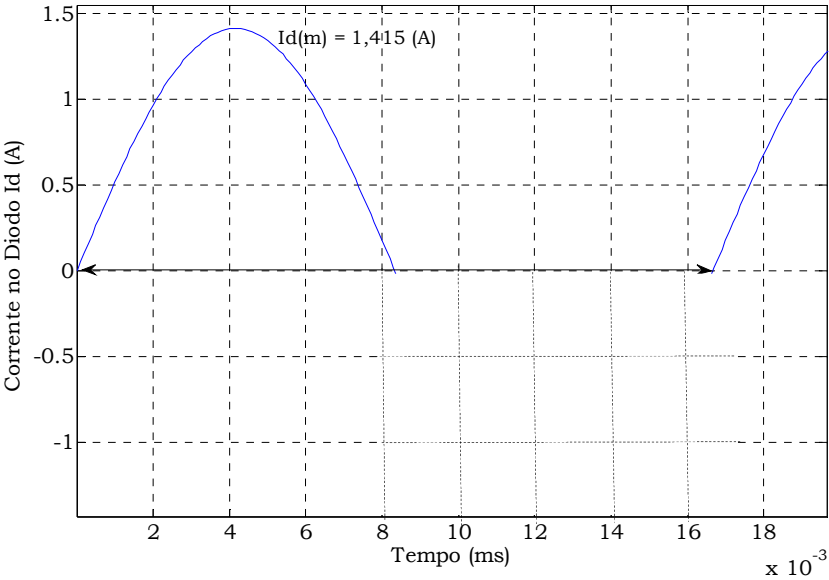
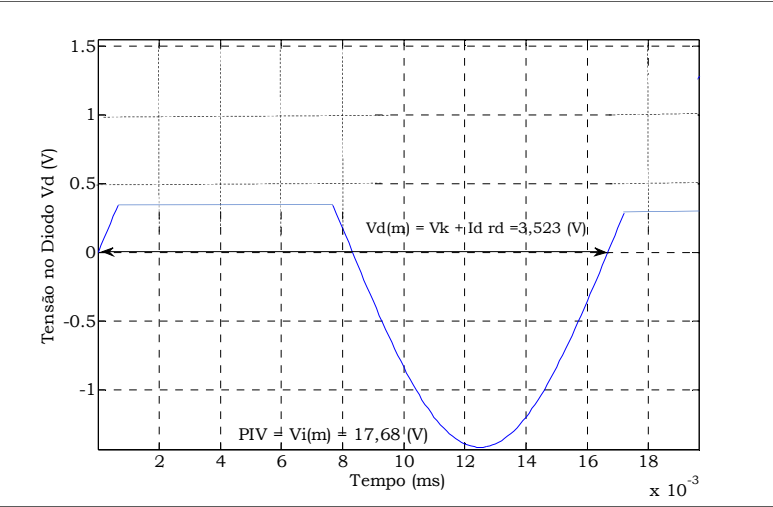
c) As formas de onda da tensão e da corrente na carga, esboçadas em amplitude em função de tempo.



3.4. Retificador de Meia Onda

Pede-se determinar:

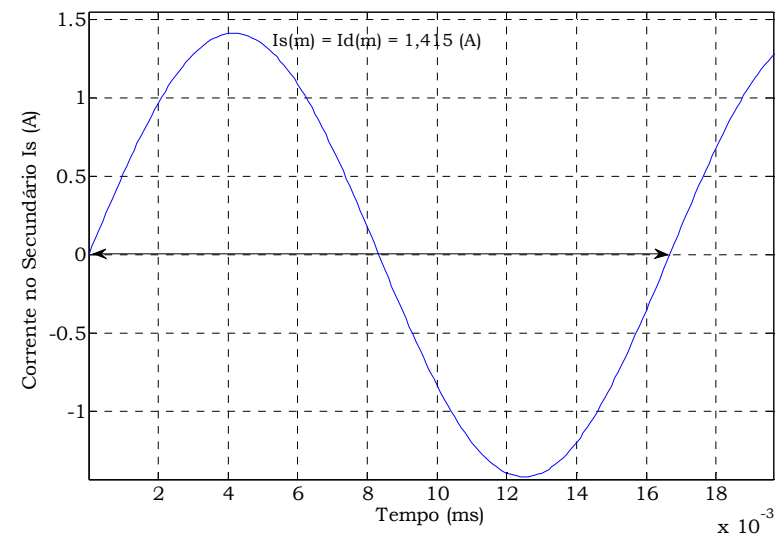
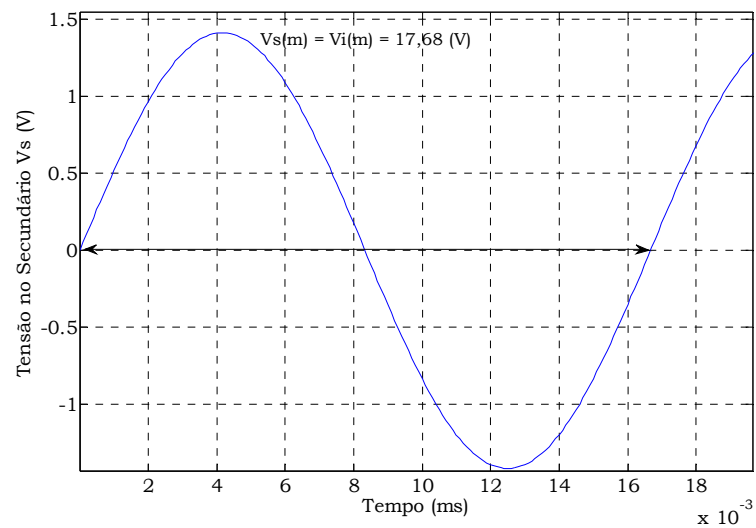
- d) As formas de onda da tensão e da corrente sobre o diodo, esboçadas em amplitude em função do tempo



3.4. Retificador de Meia Onda

Pede-se determinar:

e) As formas de onda da tensão e da corrente no secundário do Trafo, esboçadas em amplitude em função de tempo.



3.4. Retificador de Meia Onda

Pede-se determinar:

- f) Os valores mínimos para os parâmetros V_{RRM} e I_{FAV} do diodo utilizado.

3.4. Retificador de Meia Onda

Pede-se determinar:

- g) Se o transformador utilizado suporta o nível de potência dele solicitado.

3.4. Retificador de Meia Onda

Respostas

a) $V_{i(rms)} = 12,5 \text{ (V)}$
 $V_{i(m)} = 17,68 \text{ (V)}$
 $V_{o(m)} = 14,15 \text{ (V)}$
 $V_{o(av)} = 4,50 \text{ (V)}$
 $V_{o(rms)} = 7,07 \text{ (V)}$

b) $V_{(dc)} = 4,50 \text{ (V)}$
 $V_{(ac)} = 5,46 \text{ (V)}$

c) $V_{o(m)} = 14,15 \text{ (V)}$
 $I_{o(m)} = 1,415 \text{ (A)}$
 $T = 16,67 \text{ (ms)}$
 $T/4 = 4,17 \text{ (ms)}$
 $T/2 = 8,33 \text{ (ms)}$
 $3T/4 = 12,50 \text{ (ms)}$

d) $I_{D(m)} = 1,415 \text{ (A)}$
 $V_{D+} = 3,523 \text{ (V)}$
 $PIV = 17,68 \text{ (V)}$

e) $I_{S(m)} = 1,415 \text{ (A)}$
 $V_{s(m)} = 17,68 \text{ (V)}$

f) $V_{RRM} \geq 17,68 \text{ (V)}$
 $I_{FRM} \geq 1,415 \text{ (A)}$
 $I_{F(AV)} \geq 450 \text{ (mA)}$

g) $I_{S(rms)} = 707,5 \text{ (mA)}$
 $V_{S(rms)} = 12,50 \text{ (V)}$
 $P_{Trafo} = 8,84 \text{ (W)}$