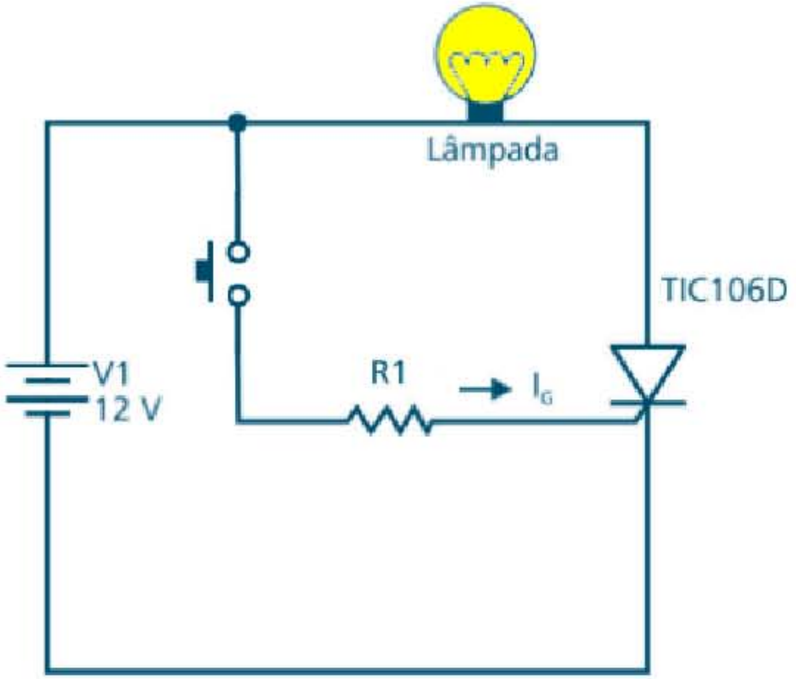
ELETRÔNICA DE POTÊNCIA - 3

Prof. Engº esp Luiz Antonio Vargas Pinto

www.vargasp.com

ANÁLISE EM CORRENTE CONTÍNUA



Fonte: e-Tec Brasil

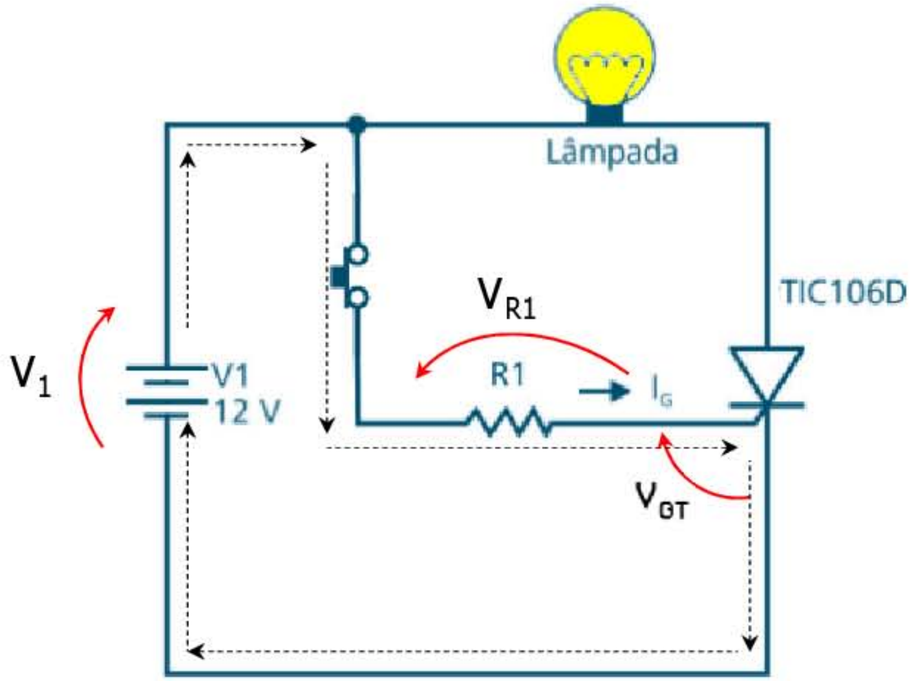
- O datasheet do SCR TIC106D nos mostra que:

V_{GT} = 0.6V

I_{GTmax} = 200 μA (200 x 10^{-6}) (Usual 60 μA)

- Vamos determinar o valor de R_1 para disparar o SCR e a carga iluminar.

CALCULANDO



- A análise de malha mostra que $V_1 - V_{R1} - V_{GT} = 0$

$V_1 = V_{R1} + V_{GT}$

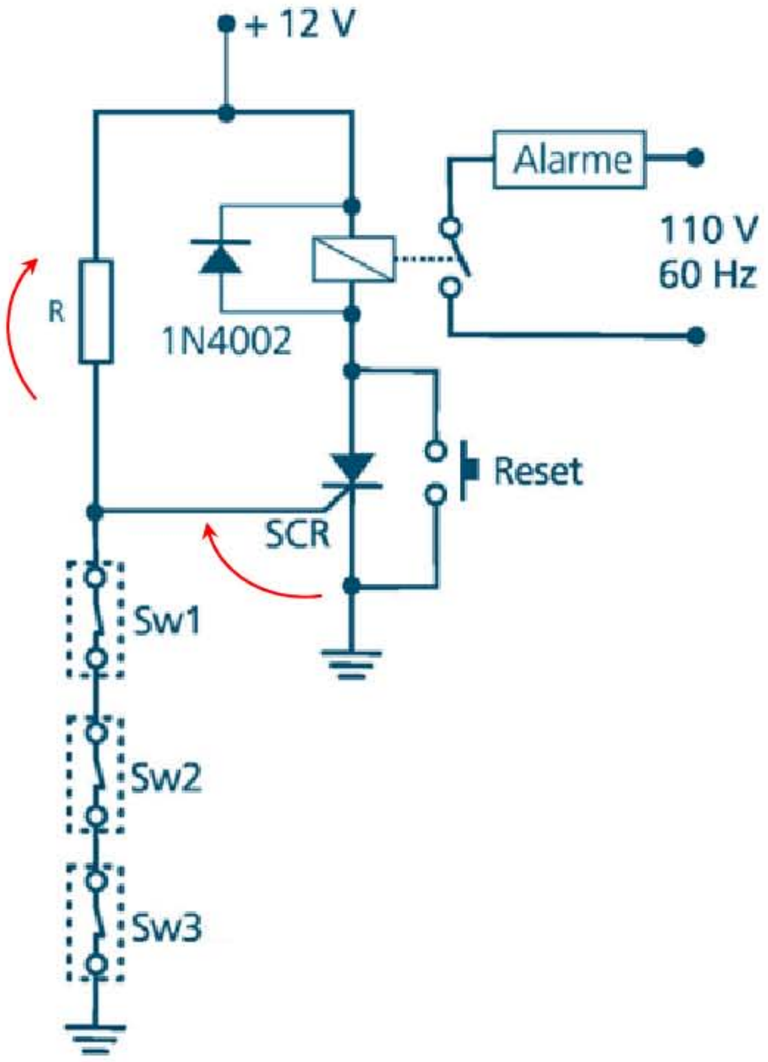
$12 = R_1 \times i_{GT} + 0.6$

$12-0.6 = R_1 \times i_{GT}$

$$11.4 = R_1 \times i_{GT} \Longrightarrow R_1 = \frac{11.4}{60\times10^{-6}}$$

- $R_1 = 190\ K\Omega$

APLICAÇÃO CIRCUITO DE ALARME 12V



Fonte: CTISM, adaptado de Zuim, 2005

- SW1, SW2 e SW3 são pontos de alarme, se abertos devem disparar o SCR e com isto ligar o relé que aciona o alarme. Como Utilizamos o mesmo SCR TIC106D, então:

  V_{GT} = 0.6V e i_{GT} = 60 µA (60 x 10^{-6})

- E de forma análoga:

$$12 - R \times i_{GT} - 0.6 = 0$$

$$12 - 0.6 = R \times i_{GT}$$

$$11.4 = R \times 60 \times 10^{-6}$$

$$\frac{11.4}{60 \times 10^{-6}} = R$$

R = 190 KΩ

- Em repouso, SW1, SW2 e SW3 aterram o resistor R desviando corrente do Gate.
- Se qualquer uma das chaves for aberta i_{GT} encontra caminho para o Gate e o alarme dispara.
- Para desligar o alarme, uma chave NA de pressão curto-circuita o SCR fazendo com que o mesmo desarme

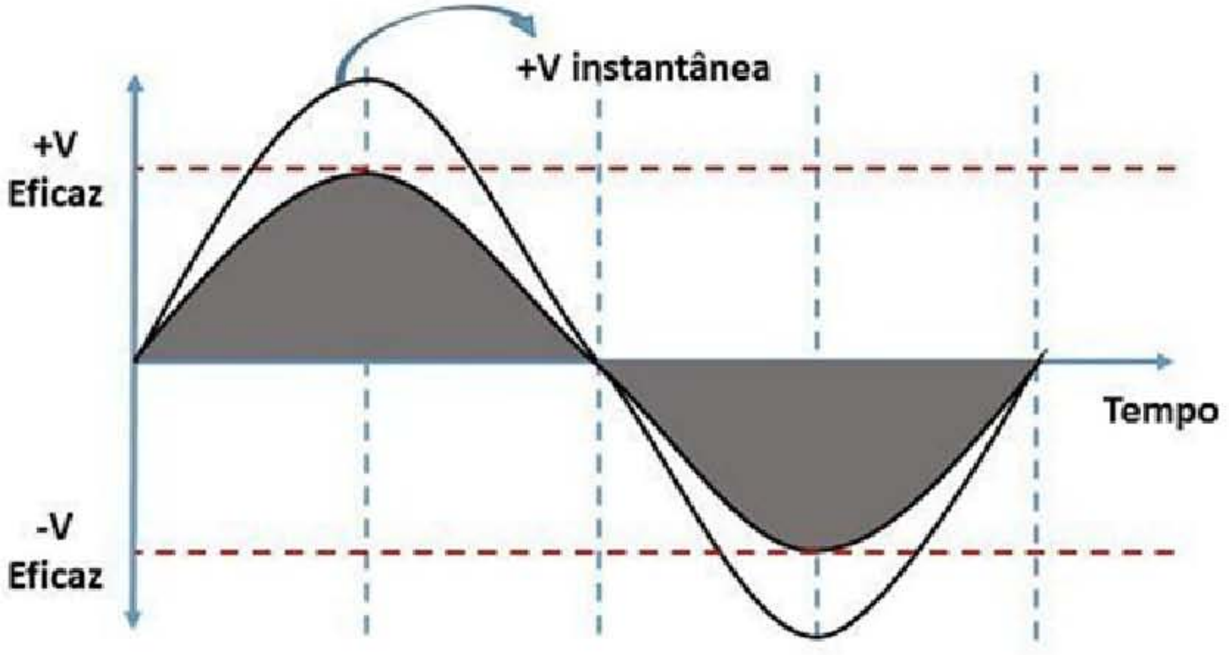
No 1° exemplo, qual seria o valor do novo resistor a ser empregado se a fonte fosse de 9V (não de 12) ?

No 2° exemplo, qual seria o valor do novo resistor a ser empregado se a fonte fosse de 36V (não de 12) ?

QUER APRENDER? ENTÃO TENTE!

CONTROLE EM C.A.

ALGUMAS DEFINIÇÕES IMPORTANTES



https://www.youtube.com/user/MundoDaEletrica

- Conforme falávamos há algum tempo, no ambiente elétrico a tensão contínua chegou primeiro com Thomas Alva Edson. E o posterior desenvolvimento da tensão alternada proposta por Nikolas Tesla que trabalhava em conjunto com George Westinghouse se provou mais funcional e acabou substituindo o sistema DC por AC.

- Observando o gráfico ao lado, você vê notoriamente que, comparativamente a tensão alternada varia em torno dos picos positivos e negativos e fica muito pouco tempo no valor de pico o que leva a uma conclusão inevitável: uma tensão alternada, por exemplo de 10 V_{Pico} não tem a mesma eficiência de uma tensão contínua de 10V.

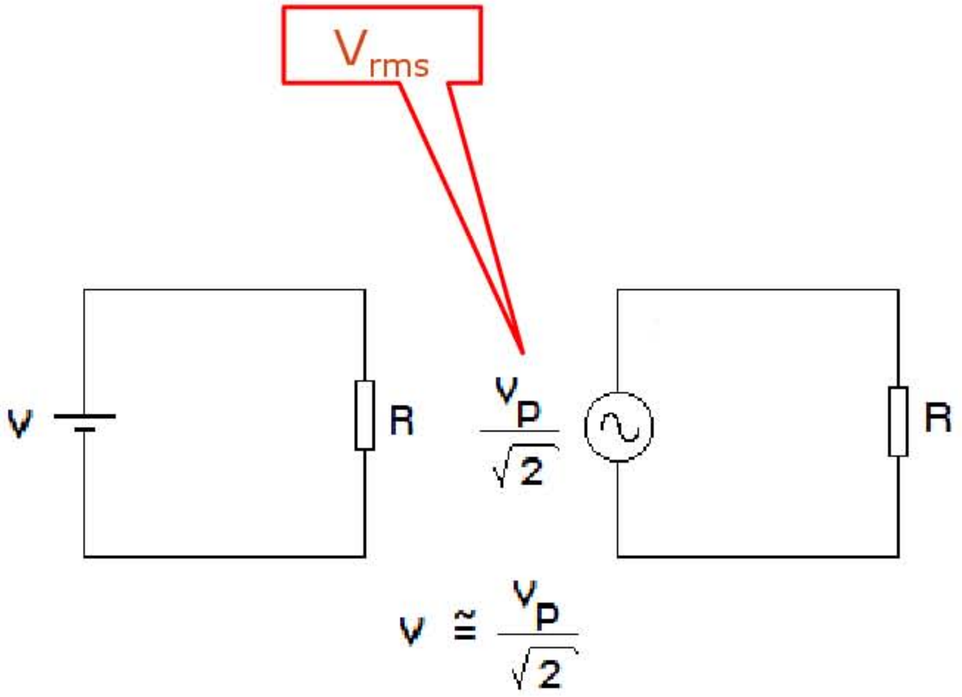
- Assim, para substituir uma fonte de 10V contínua DC (pré-existente) seria necessário fornecer MAIS tensão AC. A pergunta agora é: quanto ?

- Estudando matematicamente, a relação que se obtêm é:

$$V_{RMS} = \frac{V_{Pico}}{\sqrt{2}}$$

O VALOR EFICAZ

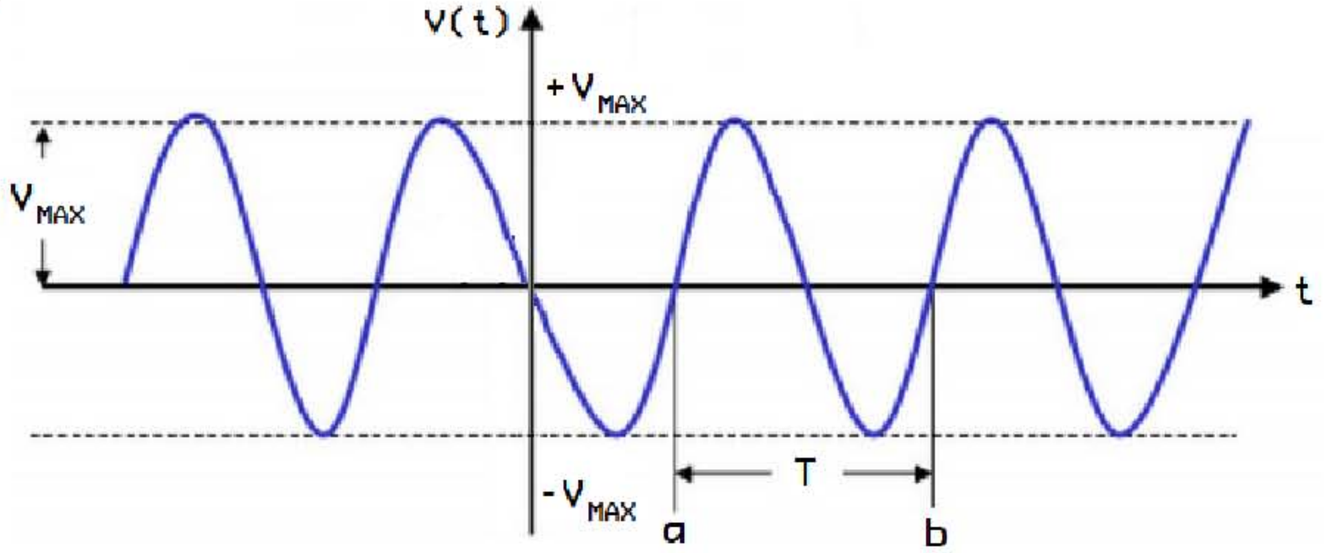
- Em outras palavras, por definição, o valor de tensão entregue nas tomadas residenciais - por exemplo - é EFICAZ e $V_{EFICAZ} = V_{RMS}$ que vem sendo adotado como padrão. (Se servir de base, pense que no princípio, era entregue tensão DC). Podemos então considerar que em um enunciado de um circuito o valor mostrado em AC sempre será EFICAZ.
- O nome RMS vem do inglês Root Mean Square que traduzido podemos chamar de Raiz Quadrada Média.



VALOR MÉDIO E EFICAZ DA TENSÃO NA CARGA

$$\int_a^b f(x)dx = f(c)(b-a) \qquad f_{med} = \frac{1}{b-a}\int_a^b f(x)dx$$

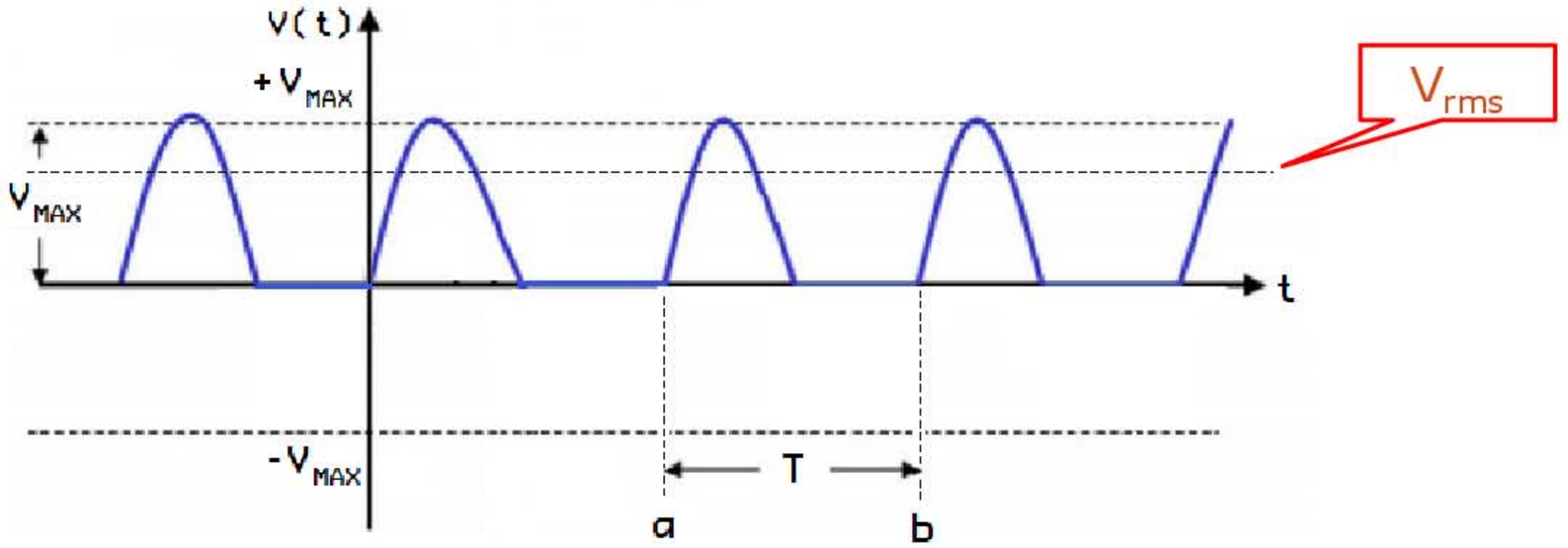
Teorema do valor médio



$$V_m = \frac{V_p \times (1 + Cos\alpha)}{2\pi}$$

© Prof. Vargasp

SOBRE O VALOR MÉDIO RETIFICADO DE MEIA ONDA

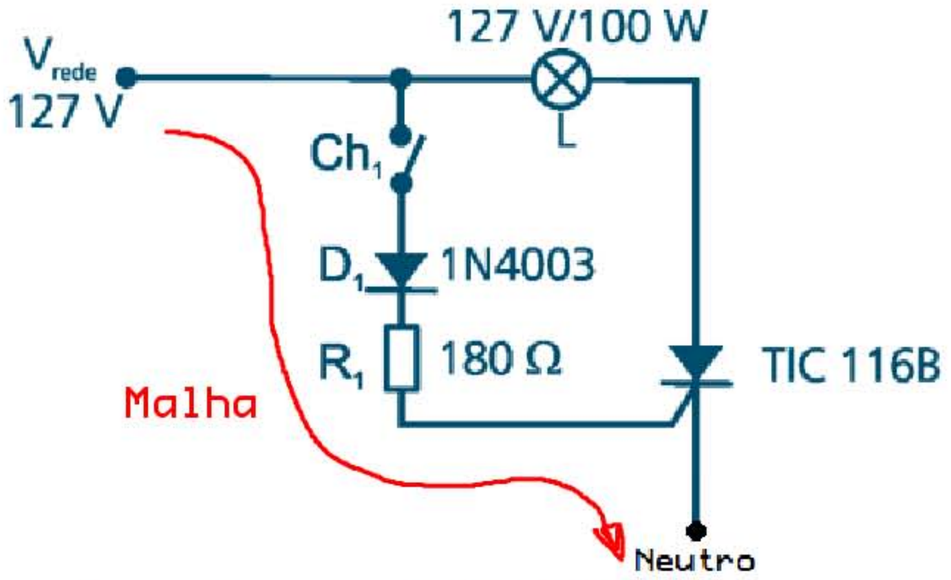


- O valor eficaz da tensão na carga para uma senóide retificada em **meia onda**, com ângulo de disparo α, é dado pela Equação:

$$V_{rms} = V_p \times \sqrt{\frac{1}{4} - \frac{\alpha}{720°} + \frac{Sen(2\alpha)}{8\pi}}$$

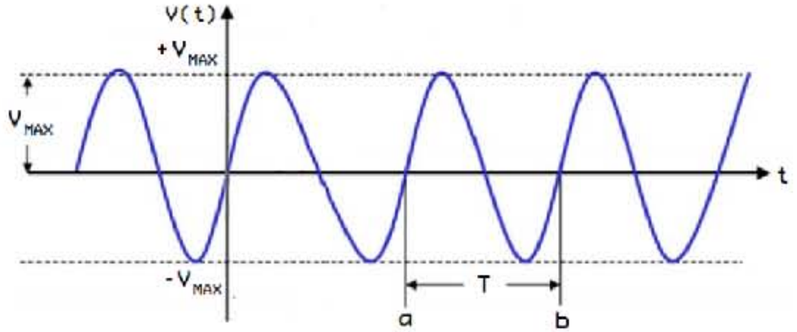
© Prof. Vargasp

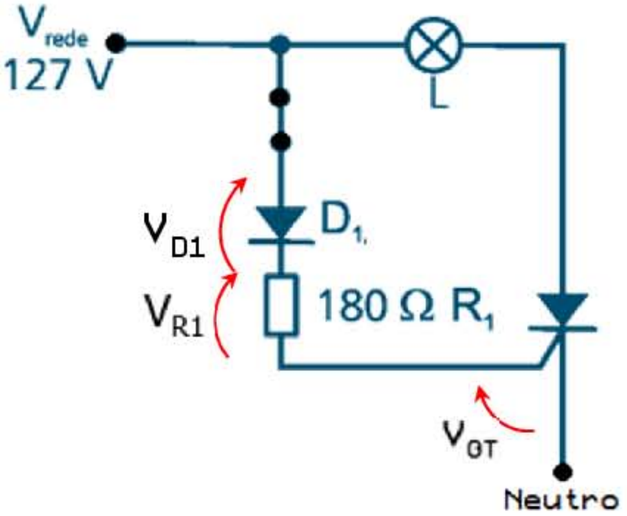
DISPARO EM CA



Características do TIC 116B:
i_{GT} = 10mA (sugerido 50% da $i_{GT_{max}}$) V_{GT} = 2.5 V

- Aqui temos um SCR TIC116B conectado na rede elétrica. Assim, este estará sujeito a tensão variável senoidal





$$V_{rede} - V_{D1} - V_{R1} - V_{GT} = 0$$

$$V_{rede} - V_{D1} - [R_1 \times i_{GT}] - V_{GT} = 0$$

$$V_{rede} - 0.7 - [180 \times 10 \times 10^{-3}] - 2.5 = 0$$

$$V_{rede} - 0.7 - 1.8 - 2.5 = 0$$

$$V_{rede} = 0.7 + 1.8 + 2.5$$

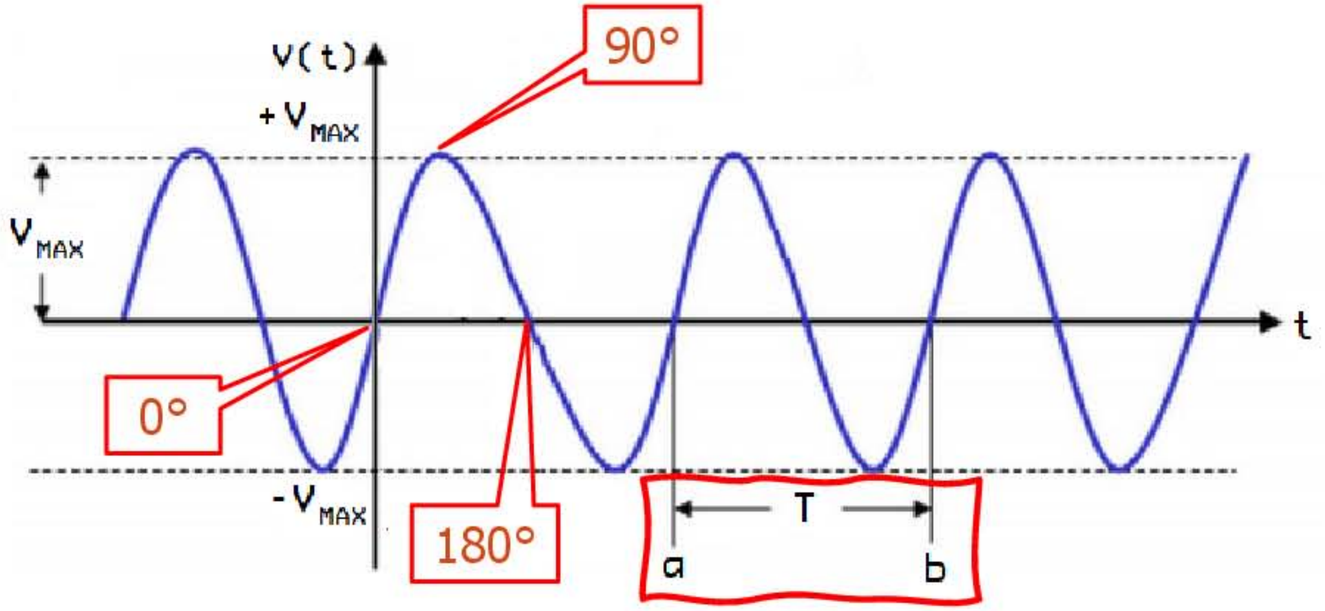
$$\boxed{V_{rede} \cong 5\ \text{V}}$$

© Prof. Vargasp

PROSSEGUINDO...

- Como as condições de disparo fixam dois valores (V_{GT} = 2.5V e i_{GT} = 20mA) que é a corrente mínima necessária a ser atingida para garantir o disparo do SCR.
- Assim, passamos a seguinte pergunta: "Com quantos graus, a tensão da rede chega a 5.0 V (suficiente para o disparo)?"
- Vamos a análise:

$$V(t) = V_{max}\, sen(2\pi f t)$$



- Dado o gráfico, observamos que o eixo(x) é tempo.
- Entretanto, como se sabe, a senóide está associada a ângulo, portanto:

1. $\omega = 2\pi f$, que é velocidade angular
2. T é período (em segundo)
3. a e b são os limites do período

CALCULANDO O ÂNGULO α

$V(t) = V_{max}\, sen(\omega t)$ no tempo

$V(t) = V_{max}\, sen(\alpha)$ no ângulo

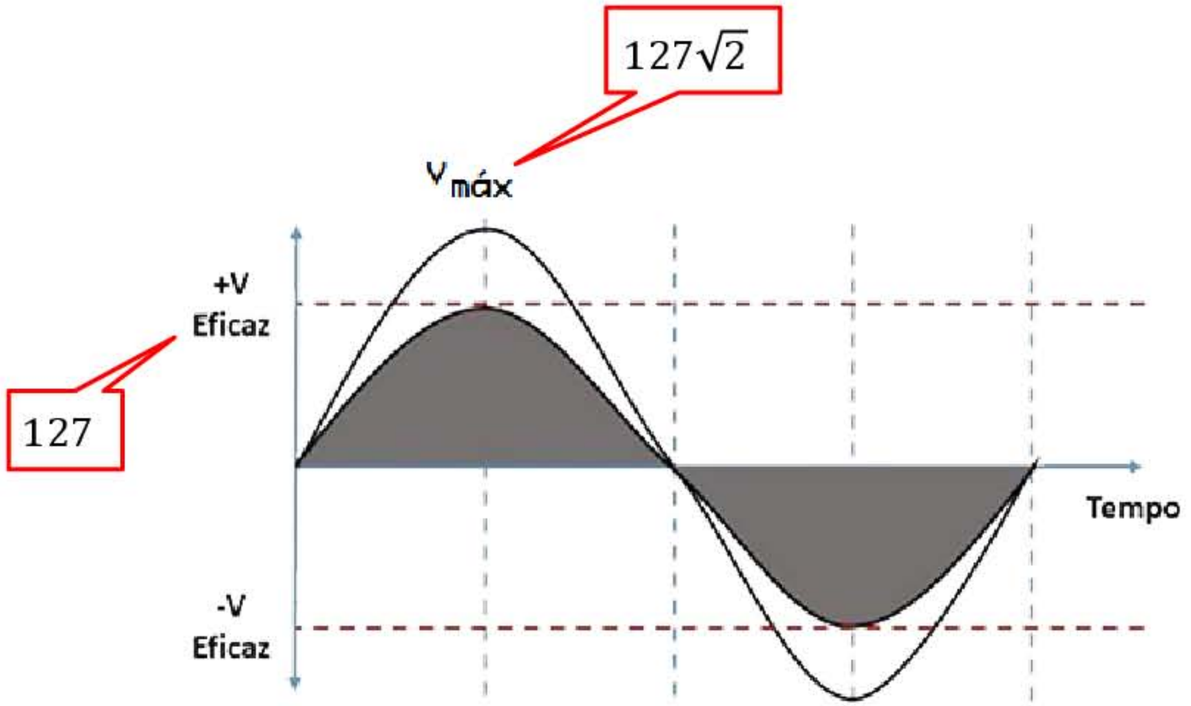
$5 = 127 \times \sqrt{2} \times sen(\alpha)$

$5 = 179.61 \times sen(\alpha)$

$$\frac{5}{179.61} = sen(\alpha)$$

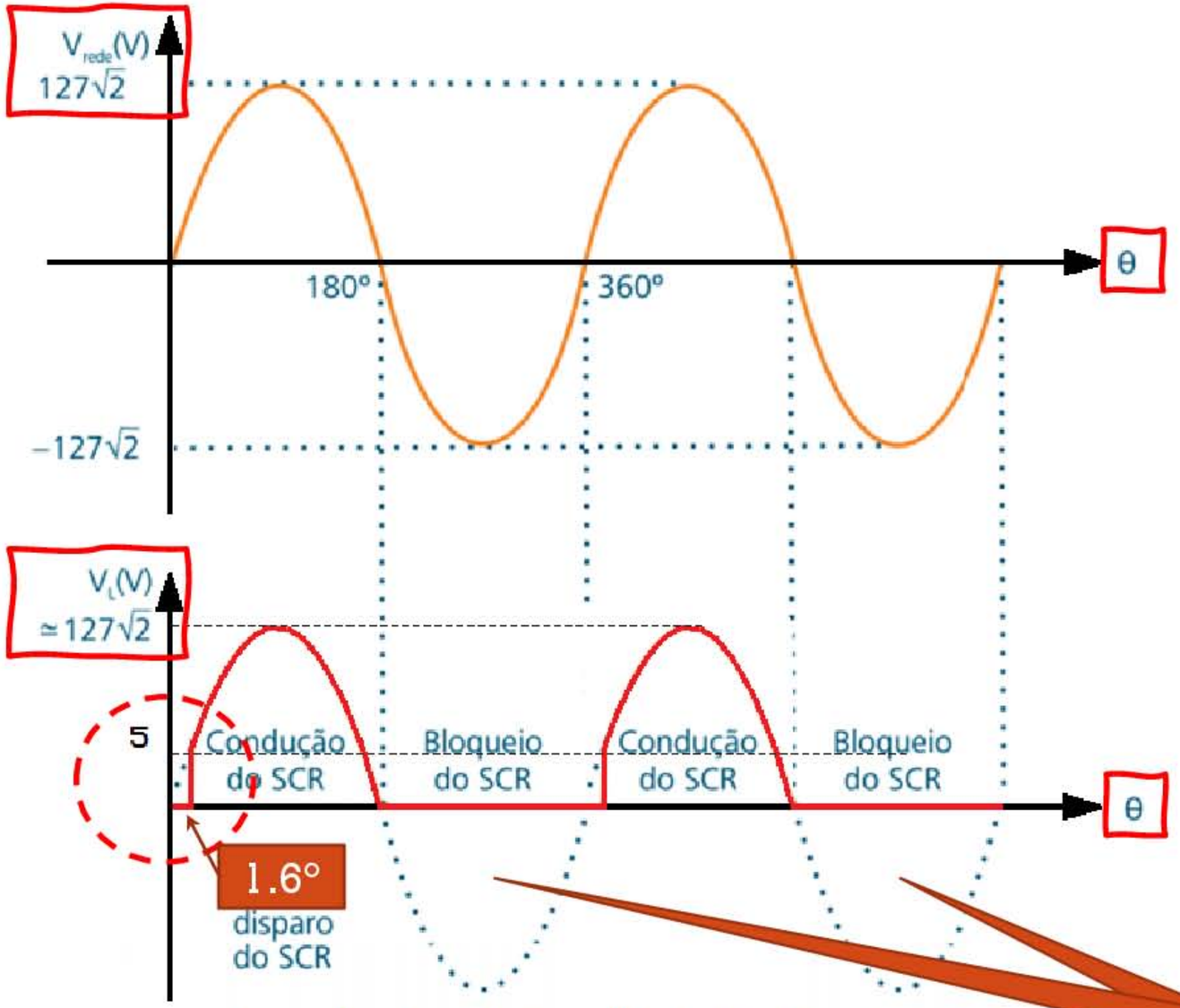
$0.0278 = sen(\alpha)$

$\alpha = 1.6°$



© Prof. Vargasp

CURVAS DE TENSÃO DE ENTRADA DA REDE E SOBRE A CARGA



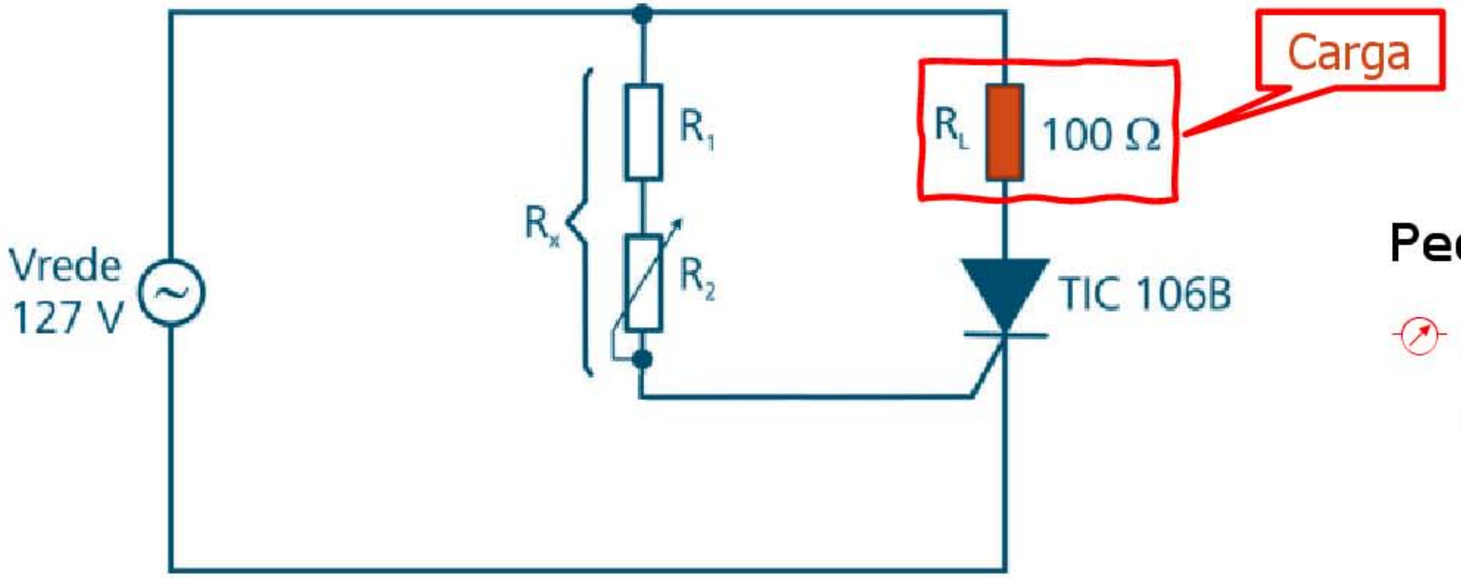
Formas de onda no circuito retificador de meia onda com SCR
Fonte: (e-Tec Brasil) CTISM

- Note o eixo Y com Vrede e ângulo θ no eixo X
- No gráfico temos a forma de onda sobre a carga, onde observamos a ação de $\alpha = 1.6°$

Note que nesta região o SCR não opera pois o mesmo é um diodo

CONTROLE DE FASE EM CARGA RESISTIVA

- Vamos agora agir sobre um circuito com carga resistiva onde o ponto de disparo será controlado com o SCR TIC 106B



Controle de fase numa carga resistiva utilizando SCR
Fonte: (e-Tec Brasil) CTISM, adaptado de Almeida, 2009

Pede-se:

- Calcule R_1 e R_2 para obter disparo de 60°

- Dados do datasheet do fabricante:

  I_{GTMAX} = 200 µA e vamos usar 100 µA

  V_{GT} = 0.6 V

CALCULANDO PARA 60° EM RELAÇÃO A REDE

- Aqui temos um TIC106B conectado na rede elétrica. Assim, este estará sujeito a tensão variável senoidal.

- Considerando o disparo em 60°, por Kirchhoff:

$$V_{rede} - R_x i_{GT} - V_{GT} = 0$$

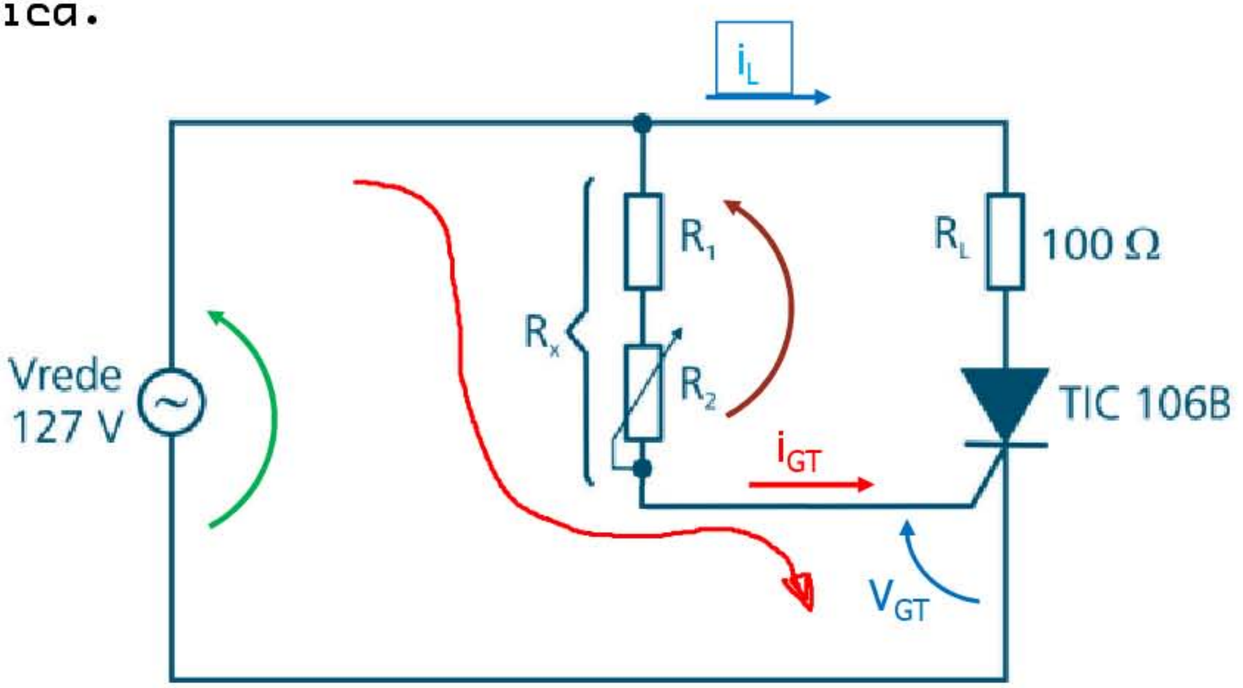
$$V_{rede} - V_{GT} = R_x i_{GT}$$

$$\frac{V_{rede} - V_{GT}}{i_{GT}} = R_x$$

$$V(t) = V_{max}\, sen(\alpha)$$

$$R_x = \frac{127 \times \sqrt{2} \times sen(60°) - 0.6}{100 \times 10^{-6}}$$

$$R_x = 1549425{,}99\ \Omega$$



- Mas $R_x = R_1 + P_2$: onde R_1 é um resistor fixo. Logo podemos fixar R_1 = 1M5 com 1%

CONCLUINDO

- E assim mesmo, com 1M5, teremos:

$$i_G = \frac{127 \times \sqrt{2} \times sen(60°) - 0.6}{1.5 \times 10^6} \qquad i_G = 103.2\ \mu A$$

- Considerando nosso sistema, ainda podemos fixar um potenciômetro P_2 tal que ele limitasse a corrente i_G ao mínimo funcional e muito embora o datasheet não informe, podemos considerar i_{Gmin} = 60 µA

$$R_x = \frac{127 \times \sqrt{2} \times sen(60°) - 0.6}{60 \times 10^{-6}} \qquad R_x = 2.58\ M\Omega$$

- Como $R_X = R_1 + P_2$, $P_2 = R_X - R_1$ ou $(2.58 \times 10^6)-(1.5 \times 10^6) = 1.08 \times 10^6$
- ou seja, o valor comercial de $P_2 = 1M\Omega$

- Conclusão, se P_2 for superior a 1MΩ reduz a corrente abaixo de 60 µA o que pode comprometer o disparo do SCR.

CALCULANDO A V_{RMS} PARA 60° SOBRE A CARGA

$$V_{rms} = V_p \times \sqrt{\frac{1}{4} - \frac{\alpha}{720°} + \frac{Sen(2\alpha)}{8\pi}}$$

$$V_{rms} = 127 \times \sqrt{2} \times sen(60°) \times \sqrt{\frac{1}{4} - \frac{60°}{720°} + \frac{Sen(120°)}{8\pi}}$$

$$V_{rms} = 155.54 \times \sqrt{0.25 - 0.0833 + \frac{0.866}{25.1327}}$$

$$V_{rms} = 155.54 \times \sqrt{0.25 - 0.0833 + 0.0345}$$

$$V_{rms} = 155.54 \times \sqrt{0.2012}$$

$$V_{rms} = 69.76\ V$$

© Prof. Vargasp

POTÊNCIA DISSIPADA PELA CARGA

$$P = \frac{V_{RMS}^2}{R_L} \ [W]$$

$$P = \frac{69.76^2}{100}$$

$$P = 48.66\,\text{W}$$

- Observe que esta situação toda está ligada ao disparo com $\alpha = 60°$

- Quando P_2 estiver com 400 Ω, R_X = 1M5 KΩ. Qual será o ângulo de disparo α ?

- Você deseja realmente aprender a calcular isto ? Não é difícil.
  Experimente recalcular para R_L = 1.2 KΩ e $\alpha = 40°$

REFERÊNCIAS

- e-Tec Brasil Eletrônica de Potência e Acionamentos Elétricos
  - http://portal.mec.gov.br/component/tags/tag/32757 20/06/2020

© Prof. Vargasp