Eletrônica Básica
Diodo Zener

Parte 7

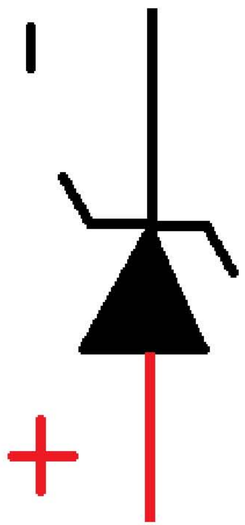
© Prof. Engº esp Luiz Antonio Vargas Pinto
www.vargasp.com
Ver. 06/2023

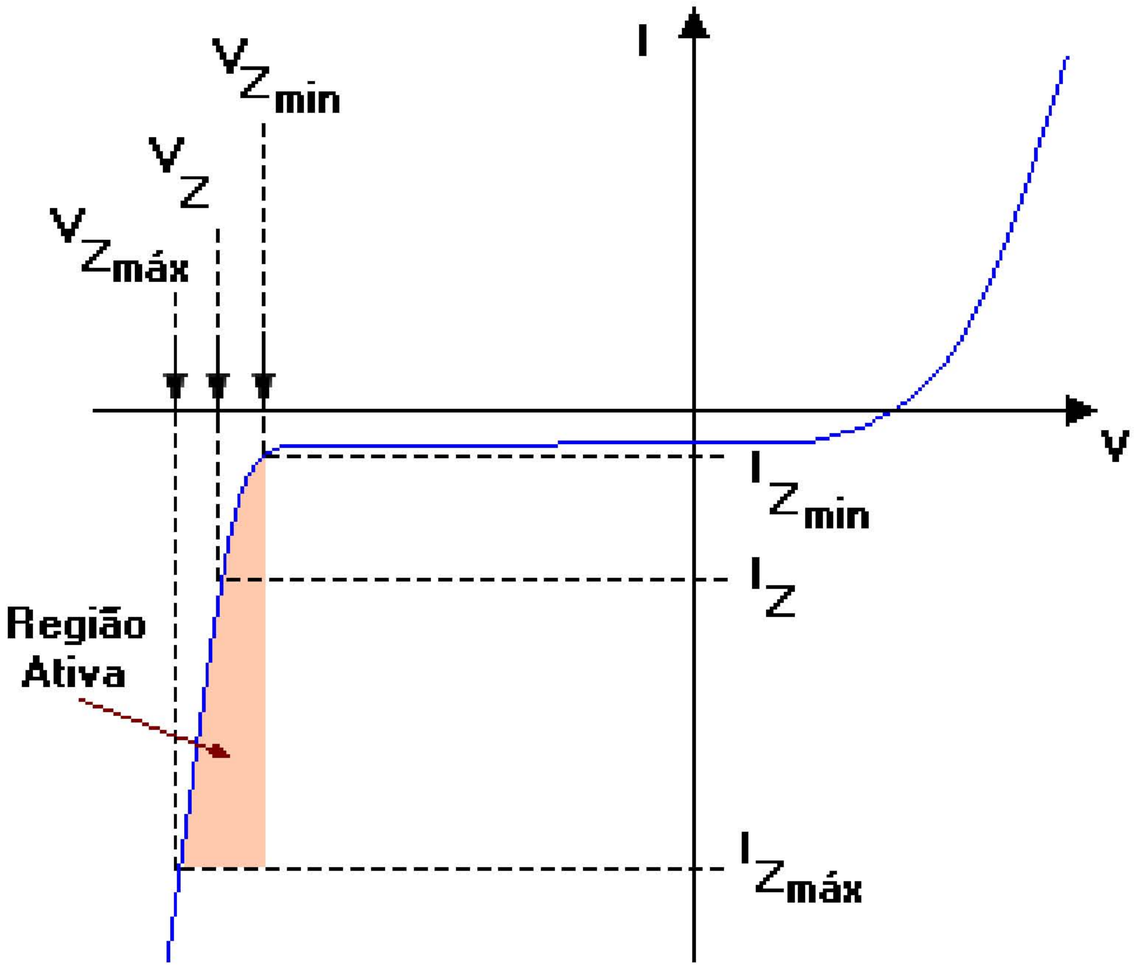
© Prof. Vargasp

O diodo Zener

- Dr. Clarence Melvin Zener (☆01-12-1905 – ✞15-07-1993)
- primeiro a descrever e explorar a propriedade elétrica do diodo na região de ruptura ou avalanche
- Ele ocorre quando o campo elétrico aplicado pela tensão reversa é suficiente para quebrar as ligações covalentes, multiplicando rapidamente os portadores de carga.
- Este tipo de ruptura é denominado "ruptura zener" e o ponto no qual se inicia a ruptura zener é chamado de "tensão zener".

© Prof. Vargasp

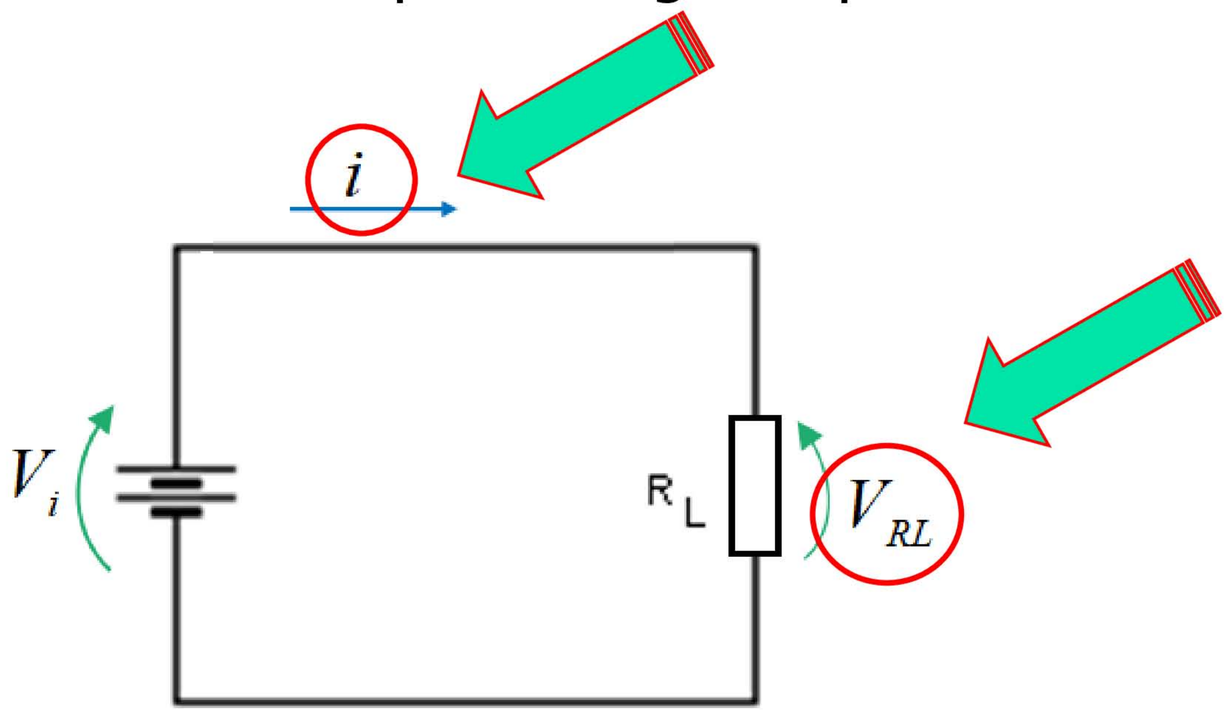




© Prof. Vargasp

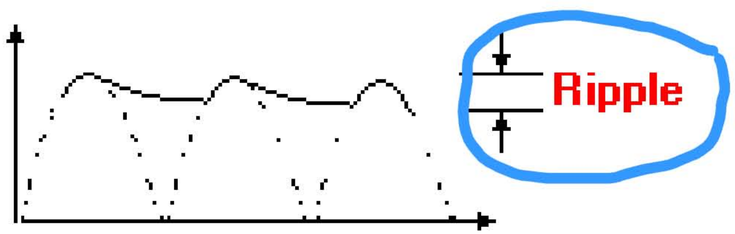
Processo

- Agora, considere as necessidades de uma determinada carga como I_{RL} a corrente constante consumida pela carga a qual deve estar sob tensão constante V_{RL}.

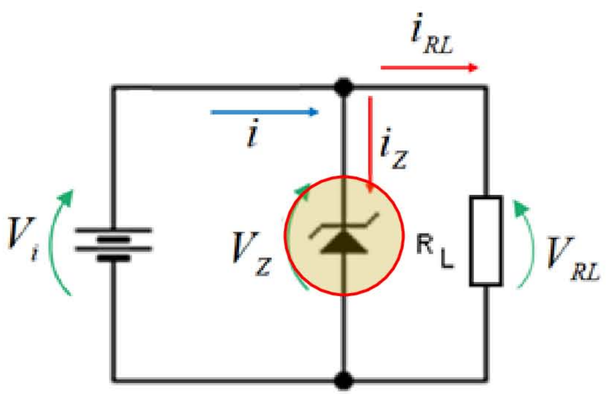


© Prof. Vargasp

- De fato nada poderia afetar a estabilidade desta carga e, claro, o Zener seria desnecessário. Entretanto, a simbologia da bateria V_i, normalmente não trata de uma bateria, mas de um circuito retificador. Logo, ele poderia apresentar instabilidade causada pela oscilação da alimentação.

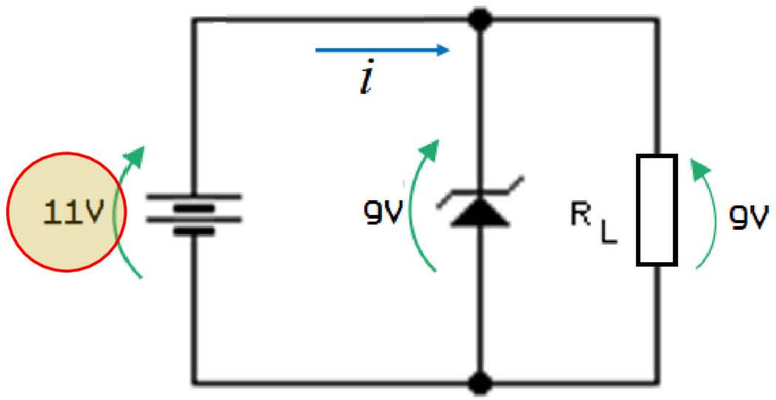


E isto afetaria o fornecimento da carga. Claro, colocando-se um zener em paralelo com a carga "isto poderia ser resolvido".

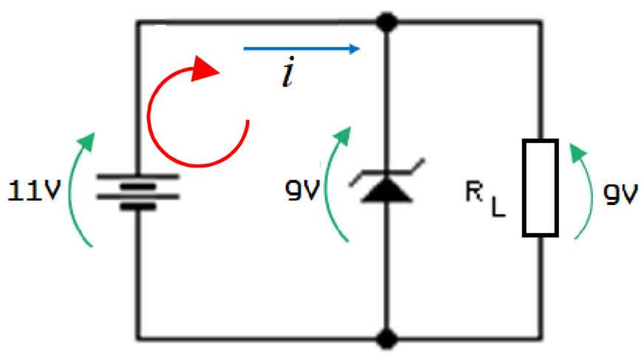


© Prof. Vargasp

- Mas o fato é que se $V_i = V_z = V_{RL}$ isto não representaria um problema, mas se Vi variar, teríamos (por exemplo):

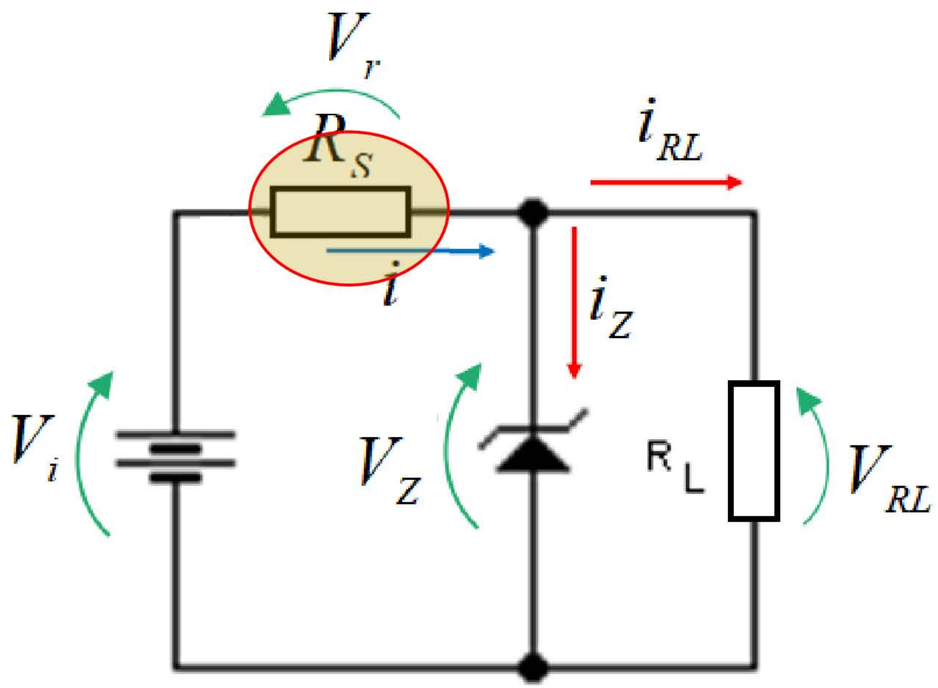


- E pela lei de Kirchhoff para as tensões teríamos que 11V = 9V ??



© Prof. Vargasp

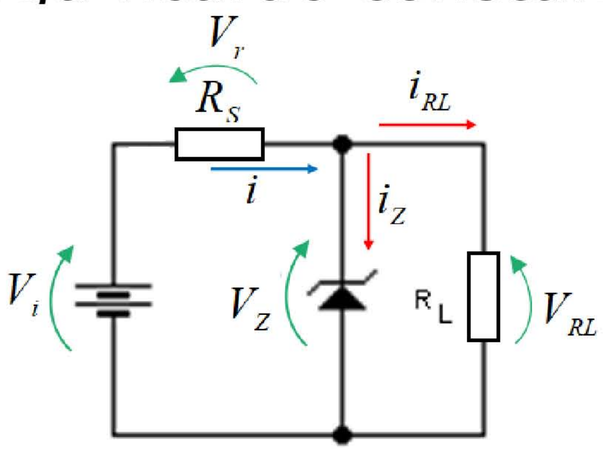
- o que, matematicamente não é possível, pois a carga, a fonte e o zener estão em paralelo (sujeitos a mesma tensão). Logo, se isto ocorresse, o zener queimaria. Para se evitar isto fazemos um ajuste incluindo R_S (um resistor SHUNT):



© Prof. Vargasp

- Agora, $V_Z = V_{RL}$ e $V_i = V_r + V_Z$ e resolvemos o problema !
- Mas há outro detalhe... Se V_i ficar abaixo de 11V, R_S prejudica a carga e o Zener.
- Assim, qual deveria ser o valor ideal de R_S para atender valores de V_i abaixo de 11V e acima de 11V ?
- Em tempo: Se mantivermos o Zener na região ativa, V_Z será praticamente constante, e o Zener está em paralelo com a carga. Se $V_{RL}=V_Z$, então a corrente e tensão na carga ficarão constante, que é o que desejamos. Assim, calculamos:

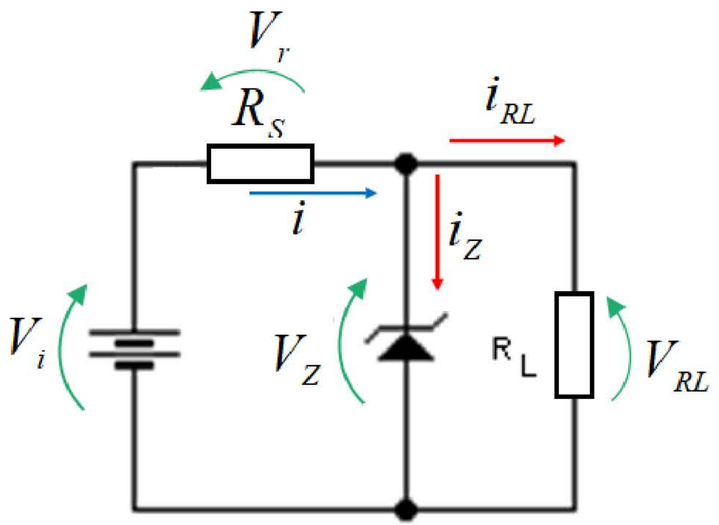
$$V_Z = V_{RL}$$
$$V_i = V_r + V_Z$$
$$i = i_Z + i_{RL}$$



© Prof. Vargasp

- E mais, pela Lei de Ohm, teremos que:

$$V_r = R_S \times i$$
$$V_r = R_S(i_{RL} + i_Z)$$



- De onde:

$$V_i = V_r + V_z$$
$$V_i = R_s(i_{RL} + i_z) + V_z$$
$$V_i - V_z = R_s(i_{RL} + i_z)$$
$$R_s(i_{RL} + i_z) = V_i - V_z$$

$$R_s = \frac{V_i - V_z}{(i_{RL} + i_z)}$$

© Prof. Vargasp

- Analisando os extremos percebemos que:

$$R_{Smin} = \frac{V_{imax} - V_Z}{i_{RL} + i_{Zmax}}$$

$$R_{max} = \frac{V_{imin} - V_Z}{i_{RL} + i_{Zmin}}$$

  - Porque ?
  - Porque uma condição crítica seria quando i_Z fosse **máxima**, situação que aconteceria quando V_i fosse **máxima**. (Lembre-se que V_z não muda, mantendo i_{RL}, o que faz aumentar a corrente total i e a tensão sobre R_S (V_r)).

© Prof. Vargasp

Considerações

- Este é um caso bem simples, mas que exige uma análise detalhada sobre o comportamento de uma fonte de alimentação com ripple (γ) sobre uma carga constante.
- Embora não seja um caso geral, ou seja, aquele onde a carga varia e a fonte oscila, ajuda a compreender as leis de Kirchhoff, e o comportamento clássico do zener que fixa V_Z e oscila entre I_{ZMAX} e I_{ZMIN}.

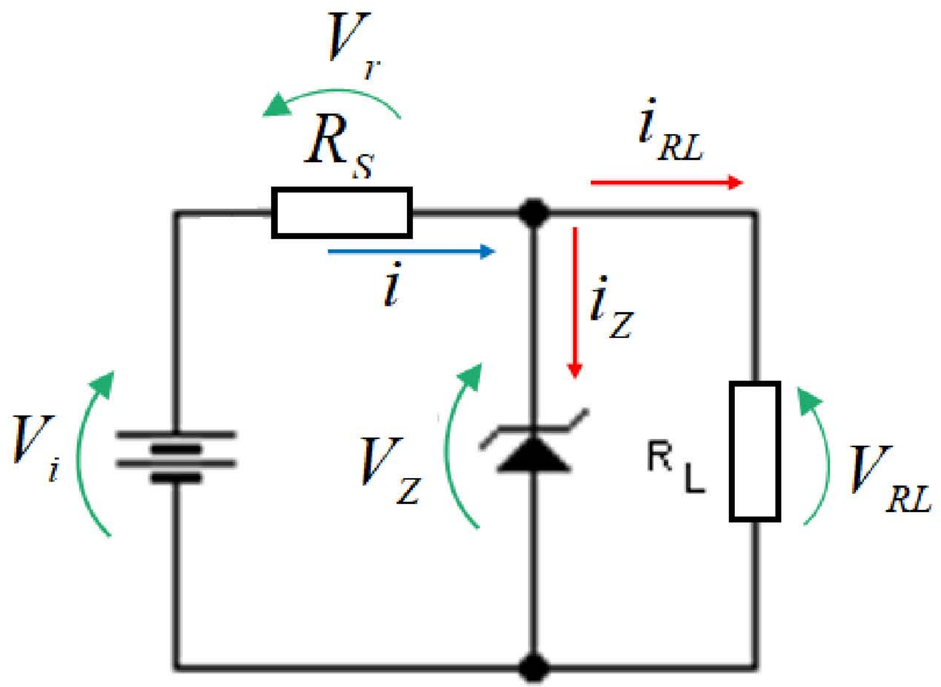
© Prof. Vargasp

Exemplo

- É necessário alimentar uma carga de 500 Ω com uma tensão de 10 V a partir de uma fonte que fornece uma tensão que pode ter uma variação de 15 a 20 V. E para esta condição foi escolhido inicialmente o Zener 1N758 de 10V e 0,4W.

Dado i_{zmin} = 5 mA

Daí i_{zmax} = P/V = 0,4/10 = 0,04 A ou 40 mA



© Prof. Vargasp

- Na condição "Zener conduzindo", $V_Z = V_L = 10V$ e $i_L = 10 / 500 = 20$ mA o que faz com que i = 5 + 20 = 25 mA. Claro que nesta situação a fonte estaria operando em condição mínima (15V) e em consequência disto:

$$R_{max} = \frac{V_{i_{min}} - V_Z}{i_{RL} + i_{Zmin}} = \frac{15 - 10}{20 \times 10^{-3} + 5 \times 10^{-3}} = \frac{5}{25 \times 10^{-3}} = 200\ \Omega$$

- Quando $V_i = 20V$ (máximo), o zener continua a conduzir. A carga ainda consome 20mA e a diferença passará sobre o zener
- E como V_Z não muda, quem muda é i_Z que passa a ser i_{ZMAX} assim:

© Prof. Vargasp

$$R_{min} = \frac{V_{i_{max}} - V_Z}{i_{RL} + i_{Zmax}} = \frac{20 - 10}{20 \times 10^{-3} + 40 \times 10^{-3}} = \frac{10}{60 \times 10^{-3}} = 167\ \Omega$$

- Conclusão:
- $200\ \Omega \leq R_S \leq 167\ \Omega$
- Do qual adotaremos um valor comercial de 180 Ω

© Prof. Vargasp

© Prof. Vargasp