

Diodo Zener

Arthur Faria Campos*, 16/0024242, Bruna Medeiros da Silva†, 16/0048711

*† Engenharia Eletrônica, UNB-FGA, Brasília, Brasil

Resumo— O diodo zener quando polarizado inversamente permite manter uma tensão constante aos seus terminais (V_Z) sendo por isso muito utilizado na estabilização/regulação da tensão nos circuitos.

O gráfico de funcionamento do zener mostra-nos que, diretamente polarizado (1º quadrante), ele conduz por volta de 0,7V, como um diodo comum. Porém, na ruptura (3º quadrante), o diodo zener apresenta um joelho muito pronunciado, seguido de um aumento de corrente praticamente vertical. A tensão é praticamente constante, aproximadamente igual a V_Z em quase toda a região de ruptura. As folhas de dados (data sheet) geralmente especificam o valor de V_Z para uma determinada corrente $I_Z(T)$.

I. GRÁFICOS DO DIODO ZENER

A relação entre a corrente através de um diodo diretamente polarizado e a voltagem através dela é dada pela seguinte equação:

$$I_D = I_S [e^{\frac{V_D}{nU_T}} - 1] \quad (1)$$

Onde I_D é a corrente do diodo, V_D é a tensão através do diodo, I_S é a corrente de saturação reversa, U_T é tensão térmica, e n é o fator de idealidade (geralmente $n = 1$).

A tensão térmica é definida pela seguinte equação:

$$U_T = \frac{k_b T}{e} \quad (2)$$

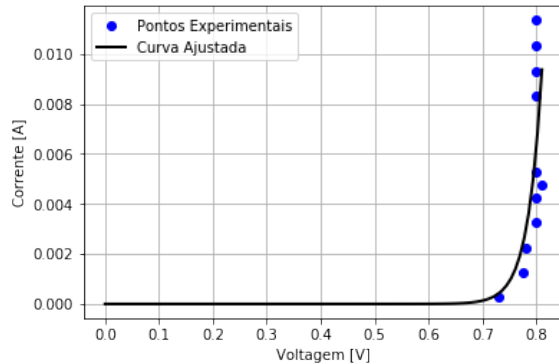
$k_b = \text{constante de Boltzmann} = 8.617 \times 10^{-5} \text{ eV/K}$

$e = \text{Carga do eletrão} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$

$T = \text{temperatura absoluta}$

Na temperatura ambiente (300K), $U_T = 0,0258 \text{ V}$ ou aproximadamente 26mV.

Figura 1. Curva Ajustada do Diodo Zener para o primeiro Quadrante



Ajustando pelo método dos Mínimos quadrados achamos I_S :

$$I_S = 2.17194416 \times 10^{-16} \text{ A}$$

Pelo gráfico analisamos também que a voltagem do diodo zener esta perto de $V_D = 0.7 \text{ V}$

Para a resistência do diodo temos equação de Ohm:

$$V_{RD} = I_D R_D \quad (3)$$

e fazendo,

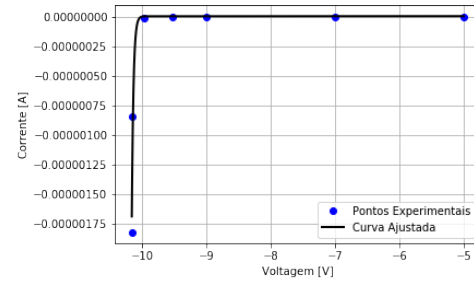
$$R_D = \frac{\Delta V}{\Delta I} \quad (4)$$

achamos que $R_D \approx 25.82 \Omega$.

Já a relação entre a corrente através de um diodo inversamente polarizado e a voltagem através dela é dada pela equação:

$$I_{DZ} = I_{SDZ} [e^{-\frac{V_D + V_Z}{nU_T}} - 1] \quad (5)$$

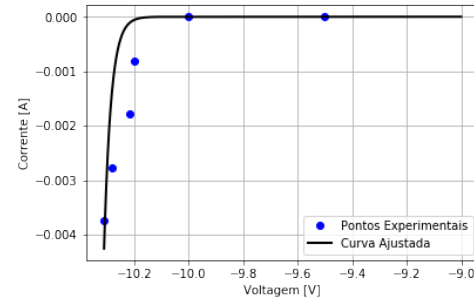
Figura 2. Inversamente polarizado com $R = 1 \text{ M}\Omega$



Ajustando pelo MMQ temos que:

$$I_{SDZ} = -3.42534197 \times 10^{-9} \text{ A}$$

Figura 3. Inversamente polarizado com $R = 1 \text{ k}\Omega$



Assim, pelo gráfico vemos que a Tensão Zener é:

$$V_Z \approx 10 \text{ [V]}$$

Ajustando pelo MMQ temos que:

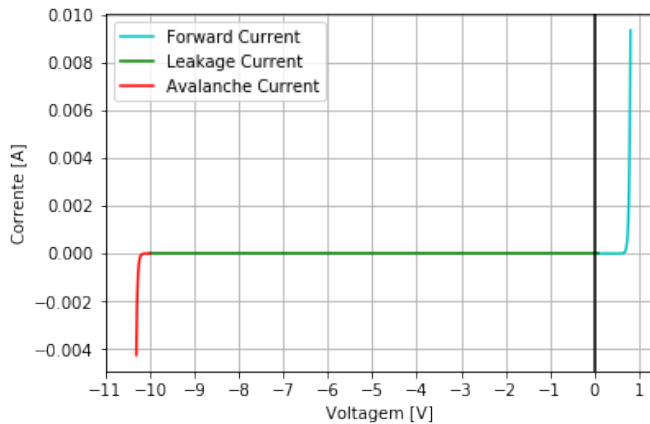
$$I_{SDZ} = -2.57528169 \times 10^{-8} \text{ A}$$

Para a resistência Zener utilizamos e Eq: 4, obtendo:

$$R_Z = 10.8k\Omega$$

O gráfico de funcionamento do zener 4 nos mostra que, diretamente polarizado (1º quadrante), ele conduz por volta de 0,7V, como um diodo comum. Porém, na ruptura (3º quadrante), o diodo zener apresenta um joelho muito pronunciado, seguido de um aumento de corrente praticamente vertical.

Figura 4. Ajuste do Modelo Elétrico do Diodo Zener



II. PESQUISA

A. Variação da tensão de ruptura com a variação de temperatura

Diodos possuem uma tensão “máxima”, na qual, quando a tensão aplicada tende a aproximar-se dela, a tensão passa a ficar praticamente constante e a corrente tende ao infinito. Para o diodo Zener, essa tensão é denominada Tensão Zener.

Em diodos Zener reais, essa tensão varia bastante com a variação da temperatura. Essa variação, inclusive, já é prevista pelos fabricantes desses componentes e são apresentadas como uma taxa de variação da tensão, em milivolts, por cada grau centígrado alterado. Essa taxa de variação é denominada coeficiente de temperatura. Para a interpretação correta das informações entregues pelo fabricante, deve-se ter o conhecimento de que os dados e modo de funcionamento do diodo são feitos considerando uma temperatura ambiente de 25 °C.

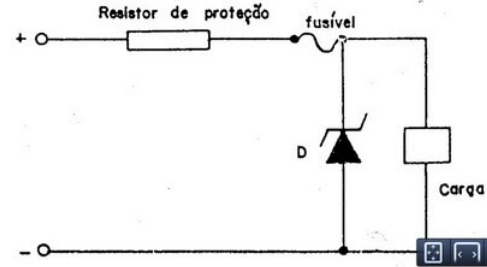
Geralmente, esse coeficiente de temperatura é negativo para dispositivos com tensão Zener abaixo ou igual a 5 V e positivo para diodos com tensão de ruptura acima de 5 V. Para dispositivos com coeficiente positivo, a tensão Zener (em módulo, ou seja) aumenta quando há aumento na temperatura e, com coeficiente negativo, ela diminui.

B. Aplicações tecnológicas do diodo Zener

- 1) Primeira e principalmente, a função mais conhecida do diodo Zener é na montagem de um circuito regulador de tensão, que busca converter um sinal AC (Alternating Current) em um sinal DC (Direct Current).
- 2) diodo Zener, juntamente com um resistor de proteção, pode ser utilizado também como uma parte de um

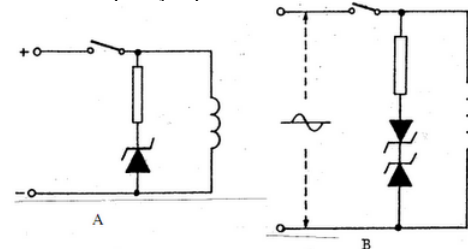
sistema de proteção, evitando que sinais com tensões acima de V_Z não entrem no circuito. Para isso, o diodo pode vir com um fusível, de forma que, quando o diodo passe a conduzir reversamente, o resistor de proteção limite a corrente para um valor I_Z , valor para o qual, quando atingido, o fusível deverá ser projetado para abrir. O funcionamento desse circuito pode ser visto na figura 5.

Figura 5. Circuito de proteção para altas tensões



- 3) A indutância de dispositivos que utilizam de cargas indutivas produz o aparecimento de altas tensões nos terminais das chaves e dos circuitos de comutação, o que pode provocar o aparecimento de faíscas ou tensões destrutivas. No circuito da Figura 6 (a) e (b) tem-se dois circuitos que nos permitem trabalhar tanto com fontes de tensão DC e AC, respectivamente. o resistor em série com o diodo Zener forma uma malha de supressão de faíscas ou sobretensões e tem como objetivo proteger o interruptor ou qualquer outro circuito de comutação. Para projetá-lo, deve-se utilizar um diodo Zener com tensão superior ao valor da alimentação e um resistor, que tem a função de impedir que a corrente I_Z ultrapasse os limites de dissipação de potência do diodo escolhido.

Figura 6. Circuito de proteção para altas tensões



REFERÊNCIAS

- [1] TODAY, Circuits. PN junction breakdown characteristics. Disponível em: <http://www.circuitstoday.com/pn-junction-breakdown-characteristics/>. Data de Acesso: 22 de Abril, 2018;
- [2] MANZALE, Gabriel. Diodo Zener. Disponível em: <http://eletrofisica1.blogspot.com.br/2016/10/diodo-zener.html>. Data de Acesso: 22 de Abril, 2018;
- [3] PERINI, Antônio. Diodo Zener. Disponível em: <http://eletronicanoe1.blogspot.com.br/2015/10/diodo-zener.html>. Data de Acesso: 22 de Abril, 2018.
- [4] POLITECHNICH, Hub. Applications of Zener diode. Disponível em: <http://www.polytechnichub.com/applications-zener-diode/>. Data de Acesso: 22 de Abril, 2018;
- [5] REIS, Mauro dos. Circuitos com diodo Zener. Disponível em: <http://baudaeletronica.blogspot.com.br/2011/09/circuitos-com-diodo-zener.html> Data de Acesso: 22 de Abril, 2018;