

Objetivo: Analisar o funcionamento do diodo zener; conhecer o conceito de regulação de tensão.

Teoria:

O diodo zener é equivalente a uma fonte de tensão d.c, quando operando na região de ruptura, isto é, podemos considerá-lo como uma fonte d.c com uma pequena resistência interna.

Este é um tipo especial de diodo usado para prover uma “standard or reference voltage” Por esta razão, o diodo Zener é frequentemente citado como um “reference diode”

Sua principal vantagem é manter a tensão nos seus terminais aproximadamente constante. Seu símbolo eletrônico é mostrado na fig. 1.

Em circuitos práticos, devido a resistência interna, a voltagem terminal de uma bateria varia com a corrente. O diodo Zener pode ser usado para estabilizar a voltagem d.c de modo que o circuito seja provido de uma fonte estabilizada.

A fig.2 mostra a curva característica para o diodo zener (gráfico I -V), onde na região de polarização direta, começa a conduzir em 0,7V ou próximo.

Na região reversa, note que a ruptura não é destrutiva, o “joelho” (V_Z) é severamente pronunciado. Seguido a um drástico aumento de corrente, a tensão é praticamente constante (V_Z , em quase toda a região de ruptura). O valor de V_Z é geralmente especificado para uma determinada corrente de teste I_{ZT} .

A potência dissipada por um diodo zener é dada por:

$$P_Z = V_Z I_Z$$

Por exemplo, se $V_Z = 6,2V$ e $I_Z = 12mA$, então:

$$P_Z = 6,2V \times 12mA = 74,4mW.$$

Desde que a potência não seja ultrapassada, o diodo zener pode operar dentro da região de ruptura sem ser destruído.

Na especificação do fabricante, está incluída também a corrente máxima que o diodo pode suportar, em função da máxima potência. Assim:

$$I_{ZM} = P_{ZM} / V_Z$$

onde:

I_{ZM} = máxima corrente de zener especificada

P_{ZM} = potência especificada

V_Z = tensão de zener

Por exemplo, a corrente especificada de um diodo zener de 6,2V com uma especificação de potência de 500mW, é

$$I_{ZM} = 500mW / 6,2v = 80,6mA$$

Isto significa que, se houver uma resistência limitadora de corrente suficiente para manter a corrente de zener abaixo de **80,6mA**, o diodo zener pode operar dentro da região de ruptura sem ser danificado.

Quando um diodo zener está operando na região de ruptura, um aumento na corrente produz um ligeiro aumento na tensão. Isto significa que o diodo zener tem uma pequena resistência, denominada impedância zener (Z_{ZT}), associada a I_{ZT} ; V_Z . Assim por exemplo, para um diodo com as especificações: $V_{ZT} = 12V$; $I_{ZT} = 20mA$ e $Z_{ZT} = 5\Omega$, indica que o diodo zener tem uma resistência de **5Ω** para uma corrente de **20mA** e uma tensão de 12V.

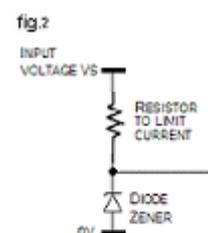
Regulação de tensão

Para que ocorra o efeito regulador de tensão é necessário que o diodo zener opere dentro da região de ruptura, observando-se as especificações da corrente máxima.

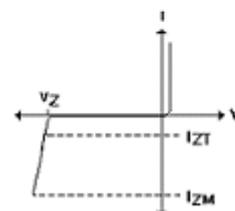
O regulador de tensão a Zener é analisado traçando-se a característica tensão-corrente associada a R_S .

No circuito da fig. 3, a corrente I_{RS} que circula por R_S (resistor em série) é a própria corrente que circula pelo diodo zener, pela lei de Kirchhoff

$$I_{RS} = (V_1 - V_Z) / R_S$$



circuito prático usando zener para manter voltagem fixa



curva característica para o diodo zener

Para entender como funciona a regulação de tensão, suponha que a tensão V_1 varie para 9V e 12V respectivamente.

O ponto de saturação (interseção vertical), é obtido com $V_Z = 0$.

a) obtenção de q1 ($V_Z = 0$), $I = 9/500 = 18\text{mA}$

b) obtenção de q2 ($V_Z = 0$), $I = 12/500 = 24\text{mA}$

O ponto de ruptura (interseção horizontal), é obtido com $I_Z = 0$.

a) obtenção de q1 ($I_Z = 0$), $V_Z = 9\text{V}$

b) obtenção de q2 ($I_Z = 0$), $V_Z = 12\text{V}$

O aspecto do gráfico é mostrado a seguir:

A análise do gráfico da fig.4, mostra que embora a tensão V_1 varie para 9V e 12V respectivamente, haverá mais corrente no diodo zener. Como consequência, as interseções q1 e q2.

Portanto embora a tensão V_1 tenha variado de 9 a 12V, a tensão zener ainda é aproximadamente igual a 6V.

Basta para isso comparar a diferença entre q1 e q2, onde a tensão de saída é mantida praticamente constante mesmo que a tensão de entrada tenha variado. Essa é a idéia de regulação de tensão.

No caso da fig.5, “diodo Zener ideal”, podemos considerar a região de ruptura como uma linha vertical. Isto quer dizer que a tensão de saída será sempre constante, embora ocorra uma grande variação de corrente, o que equivale ignorar a resistência zener.

“Isto sugere que um regulador a Zener poderia ser substituído por uma fonte de tensão com resistência interna nula”.

No caso da fig. 6, “diodo Zener real”, isto não ocorre, pois deve ser levada em consideração a resistência zener. Isto quer dizer que na região de ruptura a linha é ligeiramente inclinada, isto é, ao variar a corrente, haverá certa variação, embora negligenciável, da tensão de saída. A resistência zener (R_Z) em série com uma bateria ideal deve ser levada em consideração. Isto significa que quanto maior for a corrente, esta resistência produzirá uma queda de tensão maior. Com relação ao gráfico da fig. 4, note que:

a) tensão em q1 será: $V_1 = I_1 \cdot R_Z + V_Z$

b) tensão em q2 será: $V_2 = I_2 \cdot R_Z + V_Z$

A variação da tensão de saída será dada por:

$$V_2 - V_1 = (I_2 - I_1) \cdot R_Z \quad \text{ou} \quad \Delta V_Z = \Delta I_Z R_Z$$

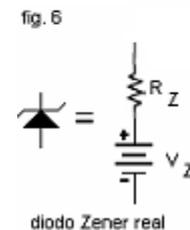
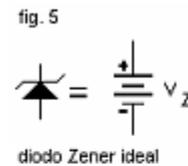
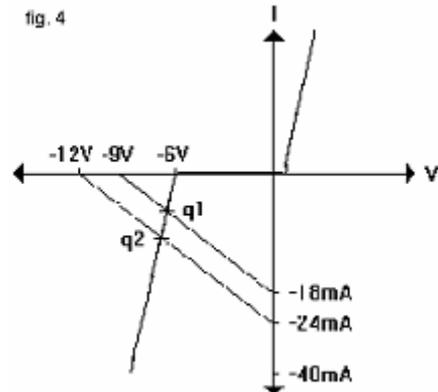
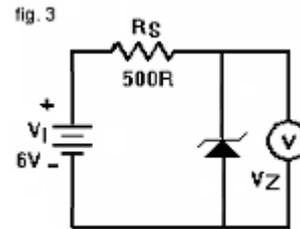
Note que quanto menor for a resistência zener, menor será a variação da tensão de saída.

Os diodos Zener encontrados, são frequentemente especificados pelo valor da tensão de Zener (V_Z) e pela potência máxima de trabalho $P_{Z\text{máx}} = V_Z I_{Z\text{máx}}$. Note que os parâmetros $P_{Z\text{máx}}$ e V_Z , permitem determinar o valor de $I_{Z\text{máx}}$, porém para determinar $I_{Z\text{min}}$, se faz necessário a característica dada pelo fabricante. Para fins de projeto, em circuitos práticos utiliza-se:

$$I_{Z\text{min}} = I_{Z\text{máx}}/10$$

que representa a aproximação do parâmetro real, obtido da característica.

Consultar catálogo adequado*.



Experimento:
Material

Fonte de alimentação 0-20V
 Multímetro
 Resistor 470R5W
 Diodo Zener 5V6/1W
 Proto board

Diodo Zener

- a. Meça e anote as resistências do diodo zener nas polarizações direta e reversa (procure utilizar para leitura o centro da escala do ohmímetro). A relação entre as resistências reversa/direta deve ser de no mínimo 1000/1.
- b. Conecte no board o circuito da fig 7.
- c. Ajuste a tensão da fonte, de tal forma, a obter no diodo valores em “steps” de 0.1V. Para cada caso, meça e anote na tabela 1, a corrente no circuito.

fig. 7

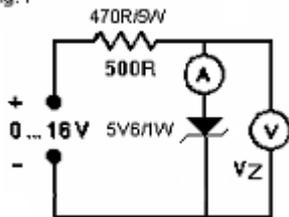


tabela 1

V_1	$V_{\text{diodo}} \text{ (V)}$	$I_{\text{diodo}} \text{ (mA)}$
0		
:		
16V		

- d. Inverta a polaridade do diodo, conforme o esquema da fig. 8
- e. Varie a tensão da fonte, de tal forma, a obter no circuito valores de corrente em “steps” de 5mA. Meça e anote na tabela 2, a corrente zener.

fig. 8

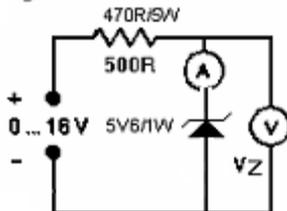


tabela 2

V_1	$V_{\text{diodo}} \text{ (V)}$	$I_{\text{diodo}} \text{ (mA)}$
0		
:		
16V		

- f. Com a equação $\Delta V_Z = \Delta I_Z R_Z$, calcule a resistência zener para $V_1 = 10V$. (Use as variações de tensão e corrente entre 8V e 12V).
- g. Construa a curva característica para o diodo zener.

Referências:

Brophy J. Eletrônica Básica, Rio de Janeiro, Guanabara Dois S.A, 1978.
 Plant, Macolm. Basic Eletronics, London, SCDC Publications , 1990
 Harowitz P.; Hill W. The Art of Eletronics, USA, Cambridge University Press, 1989.

*www.datasheetcatalog.com

Prof.: Franklin Cruzio