

Práctica 4.- Característica del diodo Zener

A.- Objetivos

- 1.- Medir los efectos de la polarización directa e inversa en la corriente por el diodo zener.
- 2.- Determinar experimentalmente y representar la característica corriente-tensión en el diodo zener.
- 3.- Construir un regulador de tensión zener y determinar experimentalmente el rango en el cual el zener mantiene constante la tensión de salida.

B.- Introducción

Comportamiento del Zener

Existe otro tipo de diodo, el llamado diodo **Zener**, cuyas características en polarización directa son análogas a las del diodo de unión estudiado en la practica anterior (figura 2 a), pero que en polarización inversa se comporta de manera distinta (figura 2 b), lo que le permite tener una serie de aplicaciones que no poseía el anterior.

El símbolo circuital se muestra en la figura 1 y su característica tensión-corriente en la figura 3.

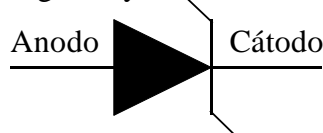


Fig. 1.- Diodo Zener.

Cuando el diodo está polarizado inversamente, una pequeña corriente circula por él, llamada **corriente de saturación I_s** , esta corriente permanece relativamente constante mientras aumentamos la tensión inversa hasta que el valor de ésta alcanza V_z , llamada **tensión Zener** (que no es la tensión de ruptura zener), para la cual el diodo entra en la región de colapso. La corriente empieza a incrementarse rápidamente por el **efecto avalancha**.

En esta región pequeños cambios de tensión producen grandes cambios de corriente. El diodo zener mantiene la tensión prácticamente constante entre sus extremos para un amplio rango de corriente inversa.

Obviamente, hay un drástico cambio de la resistencia efectiva de la unión PN.

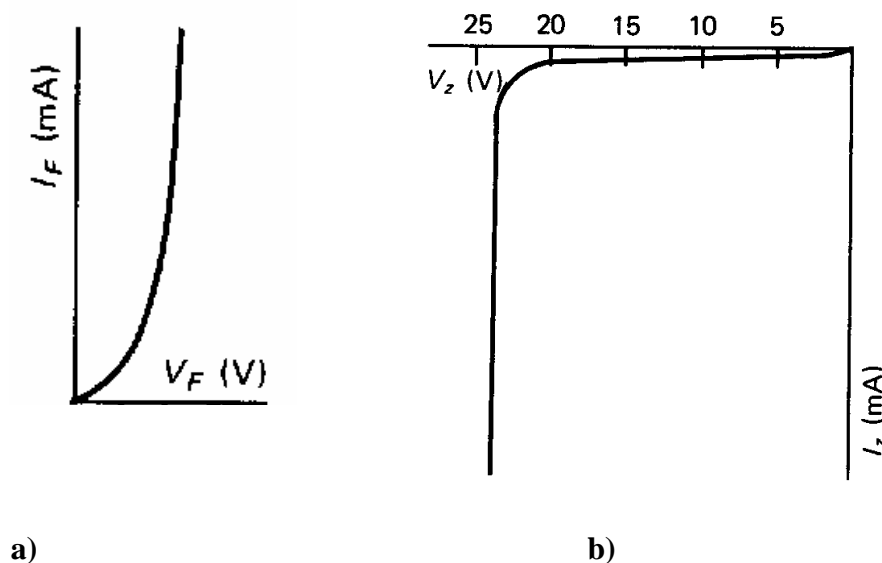


Figura 2.- Característica I-V de un diodo Zener en polarización directa e inversa.

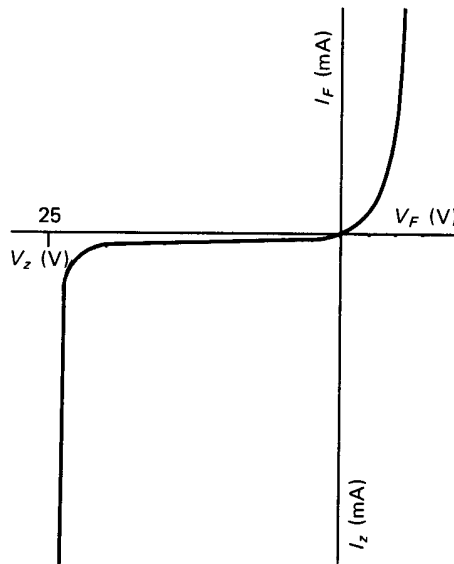


Fig. 3.- Característica I-V de un diodo Zener.

Si ahora vamos disminuyendo la tensión inversa se volverá a restaurar la corriente de saturación I_s , cuando la tensión inversa sea menor que la tensión zener. El diodo podrá cambiar de una zona a la otra en ambos sentidos sin que para ello el diodo resulte dañado, esto es lo que lo diferencia de un diodo de unión como el que estudiamos en la práctica anterior y es lo que le da al diodo zener su característica especial.

El progresivo aumento de la polarización inversa hace crecer el nivel de corriente y no debe sobrepasarse un determinado nivel de tensión especificado por el fabricante pues en caso contrario se dañaría el diodo, además siempre debemos tener en cuenta la máxima potencia que puede disipar el diodo y trabajar siempre en la región de seguridad.

Caracterización del Zener

El diodo zener viene caracterizado por:

1. Tensión Zener V_z .
2. Rango de tolerancia de V_z . (Tolerancia: C: $\pm 5\%$)
3. Máxima corriente Zener en polarización inversa I_z .
4. Máxima potencia disipada.
5. Máxima temperatura de operación del zener.

Aplicación: Regulador Zener.

Una de las aplicaciones más usuales de los diodos zener es su utilización como reguladores de tensión. La figura 4 muestra el circuito de un diodo usado como regulador.

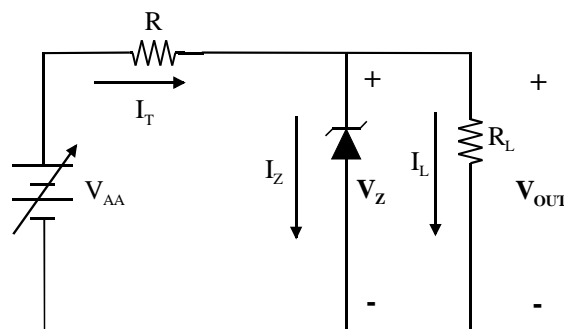


Fig. 4.- Circuito regulador.

Este circuito se diseña de tal forma que el diodo zener opere en la región de ruptura, aproximándose así a una **fente ideal de tensión**. El diodo zener está en paralelo con una resistencia de carga R_L y se

encarga de mantener constante la tensión entre los extremos de la resistencia de carga ($V_{out}=V_Z$), dentro de unos límites requeridos en el diseño, a pesar de los cambios que se puedan producir en la fuente de tensión V_{AA} , y en la corriente de carga I_L .

Analicemos a continuación el funcionamiento del circuito.

Consideremos primero la operación del circuito cuando la fuente de tensión proporciona un valor V_{AA} constante pero la corriente de carga varía. Las corrientes $I_L = V_Z/R_L$ e I_Z están ligadas a través de la ecuación:

$$I_T = I_L + I_Z \quad (1)$$

y para las tensiones:

$$V_{AA} = I_T \cdot R + V_Z = V_R + V_Z \quad (2)$$

Por lo tanto, si V_{AA} y V_Z permanecen constantes, V_R debe de serlo también ($V_R = I_T \cdot R$). De esta forma la corriente total I_T queda fijada a pesar de las variaciones de la corriente de carga. Esto lleva a la conclusión de que si I_L aumenta, I_Z disminuye y viceversa (debido a la ecuación (1)). En consecuencia V_Z no permanecerá absolutamente constante, variará muy poco debido a los cambios de I_Z que se producen para compensar los cambios de I_L .

Si ahora lo que permanece constante es la corriente de carga y la fuente de tensión V_{AA} varía, un aumento de ésta produce un aumento de I_T y por tanto de I_Z pues I_L permanece constante, y lo contrario si se produjera una disminución de V_{AA} . Tendríamos lo mismo que antes, una tensión de salida prácticamente constante, las pequeñas variaciones se producirían por las variaciones de I_Z para compensar las variaciones de V_{AA} .

Diseño del Regulador Zener.

Es importante conocer el intervalo de variación de la tensión de entrada (V_{AA}) y de la corriente de carga (I_L) para diseñar el circuito regulador de manera apropiada. La resistencia R debe ser escogida de tal forma que el diodo permanezca en el modo de tensión constante sobre el intervalo completo de variables.

La ecuación del nodo para el circuito de la figura 4 nos dice que:

$$R = \frac{V_{AA} - V_Z}{I_T} = \frac{V_{AA} - V_Z}{I_Z + I_L} \quad (3)$$

Para asegurar que el diodo permanezca en la región de tensión constante (ruptura), se examinan los dos extremos de las condiciones de entrada – salida:

1. La corriente a través del diodo I_Z es mínima cuando la corriente de carga I_L es máxima y la fuente de tensión V_{AA} es mínima.
2. La corriente a través del diodo I_Z es máxima cuando la corriente de carga I_L es mínima y la fuente de tensión V_{AA} es máxima.

Cuando estas características de los dos extremos se insertan en la ecuación (3), se encuentra:

$$\text{Condición 1: } R = \frac{V_{AA \text{ min}} - V_Z}{I_{Z \text{ min}} + I_{L \text{ max}}} \quad (4)$$

$$\text{Condición 2: } R = \frac{V_{AA \text{ max}} - V_Z}{I_{Z \text{ max}} + I_{L \text{ min}}} \quad (5)$$

Igualando las ecuaciones (4) y (5) llegamos a que:

$$(V_{AA \text{ min}} - V_Z) \cdot (I_{Z \text{ max}} + I_{L \text{ min}}) = (V_{AA \text{ max}} - V_Z) \cdot (I_{Z \text{ min}} + I_{L \text{ max}}) \quad (6)$$

En un problema práctico, es razonable suponer que se conoce el intervalo de tensiones de entrada, el

intervalo de corriente de salida y el valor de la tensión zener deseada. La ecuación (6) representa por tanto una ecuación con dos incógnitas, las corrientes zener máxima y mínima. Se encuentra una segunda ecuación examinando la figura 5. Para evitar la porción no constante de la curva característica una regla práctica que constituye un criterio de diseño aceptable es escoger la máxima corriente zener 10 veces mayor que la mínima, es decir:

$$I_{Z\ max} = 10 \cdot I_{Z\ min} \quad (7)$$

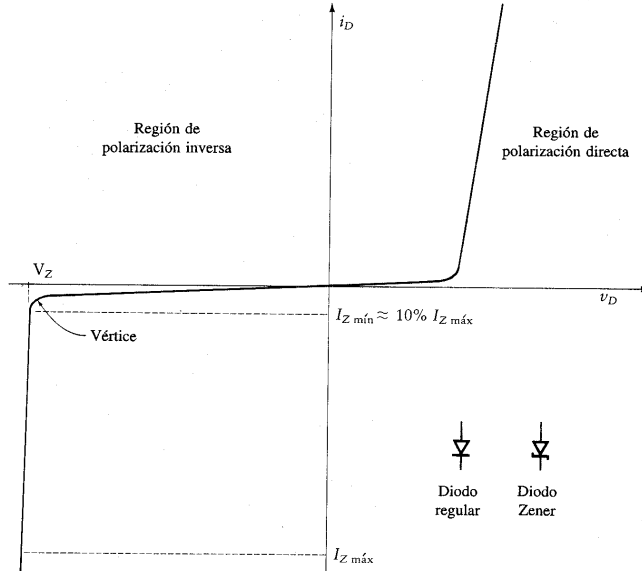


Fig. 5.- Criterio de selección de $I_{Z\ max}$ e $I_{Z\ min}$

La ecuación (6) se podrá entonces reescribir de la siguiente manera:

$$(V_{AA\ min} - V_Z) \cdot (I_{Z\ max} + I_{L\ min}) = (V_{AA\ max} - V_Z) \cdot (0.1 \cdot I_{Z\ max} + I_{L\ max}) \quad (8)$$

Resolviendo entonces para la máxima corriente zener, se obtiene:

$$I_{Z\ max} = \frac{I_{L\ min} \cdot (V_Z - V_{AA\ min}) + I_{L\ max} \cdot (V_{AA\ max} - V_Z)}{V_{AA\ min} - 0.9 \cdot V_Z - 0.1 \cdot V_{AA\ max}} \quad (9)$$

Ahora que se tiene la máxima corriente zener, el valor de R se puede calcular de cualquiera de las ecuaciones (4) ó (5). No es suficiente con especificar el valor de R, también se debe seleccionar la resistencia apropiada capaz de manejar la potencia estimada. La máxima potencia vendrá dada por el producto de la tensión por la corriente, utilizando el máximo de cada valor.

$$P_R = I_{T\ max} \cdot (V_{AA\ max} - V_Z) = (I_{Z\ max} + I_{L\ min}) \cdot (V_{AA\ max} - V_Z) \quad (10)$$

C.- Material requerido

- * Fuente de alimentación de continua regulable de baja tensión.
- * Multímetro.
- * Resistencias varias.
- * Diodo Zener 10V, 1W.

D- Procedimiento experimental

Característica tensión-corriente

1. Conectamos el circuito de la figura 6. Para conseguir un valor aproximado para R de 500Ω utilizar al menos cuatro resistencias de 0.25W en paralelo. Medir con el multímetro su valor:

R = Ω

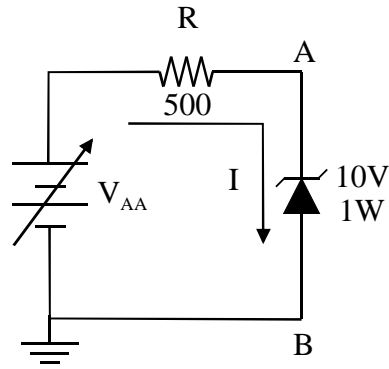


Fig. 6.- Circuito para obtener la característica I-V del diodo Zener.

2. Aumentar V_{AA} desde 0V para que V_{AB} tome los valores que se muestran en la tabla 1. Para esos valores medir la corriente y anotar su valor en la tabla. Calcular la resistencia R_Z del diodo ($R_Z = V_{AB}/I$) y anotarla también en dicha tabla.
3. Seleccionar V_{AA} para que la corriente I tome los valores indicados en la tabla 1. Para cada uno de estos valores, medir el valor de V_{AB} y anotarlo en la tabla . Calcular el valor de R_Z .

Tabla 1. Polarización inversa.

V_{AB} (V)	I (mA)	R_Z (Ω)
3.0		
6.0		
8.0		
	1	
	2	
	5	
	10	
	20	
	30	
	40	

4. Invertir la polaridad del diodo intercambiando ánodo por cátodo y cátodo por ánodo.
5. Aumentar V_{AA} desde 0V para que V_{AB} tome los valores que se muestran en la tabla 2. Medir y anotar en dicha tabla la corriente de polarización directa para cada valor de V_{AB} :

Tabla 2. Polarización directa.

V_{AB} (V)	0.2	0.4	0.55	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8
I (mA)								
R_Z (Ω)								

6. Con los datos de las tablas 1 y 2 dibujar la gráfica de la característica tensión-corriente en la plantilla que figura al final del guión.

Diodo zener como regulador de tensión

7. Diseñar el valor de R del circuito regulador de tensión de la figura 7 para el caso de que la corriente de carga varíe entre 1 y 10mA y la fuente de tensión V_{AA} varíe de 15 a 20V.

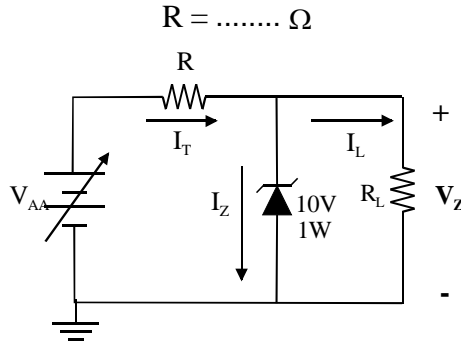


Fig. 7.- Circuito regulador de tensión.

8. Obtener el valor de V_Z e I_Z en los distintos casos indicados en la tabla 3.

Tabla 3. Regulador de tensión.

	$V_{AA \text{ max}} = 20V$	$V_{AA \text{ min}} = 15V$
$I_{L \text{ max}} = 10mA$	$V_Z = \dots\dots V$	$V_Z = \dots\dots V$
$(R_L = \dots\dots \Omega)$	$I_Z = \dots\dots mA$	$I_Z = \dots\dots mA$
$I_{L \text{ min}} = 1mA$	$V_Z = \dots\dots V$	$V_Z = \dots\dots V$
$(R_L = \dots\dots \Omega)$	$I_Z = \dots\dots mA$	$I_Z = \dots\dots mA$

¿En qué condiciones de carga y tensión de entrada se producen los valores extremos de V_Z ? ¿Cuánto vale V_Z en dichas condiciones? ¿Están estos valores dentro de la tolerancia especificada por el fabricante?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Laboratorio de Electrónica de Dispositivos

