

Objetivos:

Determinar las características principales de las Fuentes de Alimentación Reguladas con diodos Zener y Adquirir las Competencias para el diseño y o verificación de los parámetros de las mismas.

Introducción teórica:

Para convertir Corriente Alterna (CA o AC) en Corriente Continua (CC o DC) en electrónica, uno de los métodos utilizados es Fuentes de Alimentación con Filtro Capacitivo, donde su calidad se evalúa por medio del Factor de ripple y su regulación, estos parámetros se manifiestan como variaciones de la tensión de salida de la fuente. Estas variaciones no siempre son aceptables en circuitos electrónicos, por lo que se hace necesaria una etapa de regulación de tensión. Una forma de regular (o estabilizar) la tensión sobre una carga, es aprovechar la estabilidad de tensión sobre un diodo Zener polarizado en inversa, trabajando en su zona de ruptura, donde su característica presenta una gran variación de corriente con una muy pequeña variación de tensión Fig 1.a. Esto se logra conectando en serie con la carga R_L un resistor R_S , que limite la corriente y absorba las variaciones de tensión; en paralelo con la carga se conecta un diodo Zener que absorbe las posibles variaciones de corriente en la carga, manteniendo estable su tensión $V_Z = V_L$, como se muestra en la Fig 1.b.

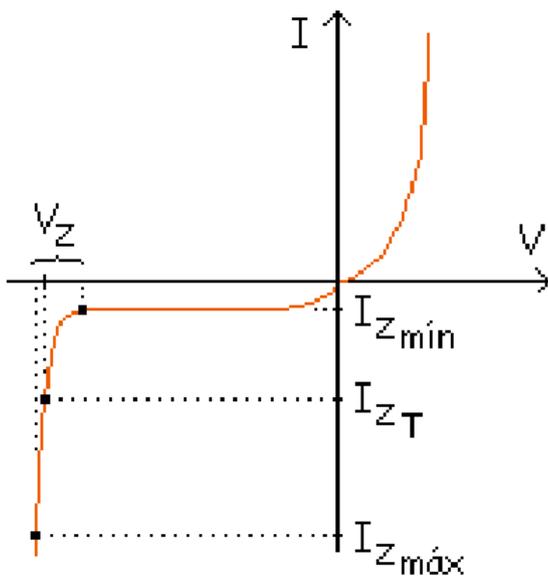


Fig 1.a: curva característica del diodo Zener

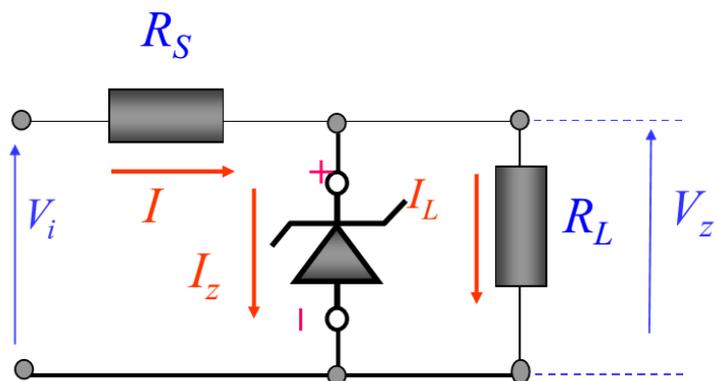


Fig 1.b: circuito regulador de tensión con diodo Zener en paralelo

Consideraciones prácticas para los cálculos:

- Los diodos Zener disponibles son los que se muestran en la Tabla 1.
- Para el cálculo se considera $V_Z = V_{Znominal} = V_{RL} = Ctte$.
- Para dar el margen de seguridad que permita trabajar al diodo Zener entre I_{Zmin} e I_{Zmax} , se adopta una potencia normalizada de Zener (ver Tabla 1.) que cumpla con $P_{Zadoptado} > I_Z I_{Lmax}$.
- Una vez adoptada la potencia nominal de Zener se determina los siguientes parámetros:

$I_{Zmax} = P_Z / V_Z$	$I_{Zmin} = 0,05 I_{Zmax}$	$I_{ZT} = 0,25 I_{Zmax}$
------------------------	----------------------------	--------------------------

- Plantemos las ecuaciones de Cálculo.

Tabla 1: Valores de tensión de diodos Zener y coeficientes de temperatura a 25 °C

Diodos Zener de 0,4 y 1 W, en voltios [V]	Coef. De temperatura en: [mV / °C]	Diodos Zener de 0,4 y 1 W, en voltios [V]	Coef. De temperatura en [mV / °C]
2,4	-1,6	6,8	+3,0
2,7	-2,0	7,5	+4,0
3,0	-2,1	8,2	+4,6
3,3	-2,4	9,1	+5,5
3,6	-2,4	10	+6,4
3,9	-2,5	12	+8,4
4,3	-2,5	15	+11,4
4,7	-1,4	18	+14,4
5,1	-0,8	22	+18,4
5,6	+1,2	27	+23,4
6,2	+2,3	33	+29,7

Trabajos Prácticos:

1. Conociendo las características de los diodos Zener proceda a calcular los componentes necesarios para estabilizar una carga a:

a) Una tensión de alimentación de 5,1 V, que consume una corriente de 10 mA a partir de una fuente de 10 V.

b) Una tensión de alimentación de 7,5 V, que consume una corriente entre 5 y 10 mA a partir de una fuente de 12 V.

c) Una tensión de alimentación de 6,2 V, que consume una corriente 15 mA a partir de una fuente que varía entre 10,5 y 13 V.

Consignar los valores y potencia de todos los componentes adoptados.

Realizar los circuitos correspondientes en forma manuscrita (dibujo a mano) indicando sus datos.

Simular las fuentes reguladas para comprobar su funcionamiento.

2. Se requiere alimentar una carga intermitente que consume 20 mA en 13 V. Calcule los componentes necesarios para construir esta fuente regulada a partir de una tensión de 15 V.

Consignar los valores y potencia de todos los componentes adoptados.

Realizar el circuito correspondiente en forma manuscrita (dibujo a mano) indicando sus datos.

Simular la fuente regulada para comprobar su funcionamiento.

Simular el circuito sin el Zener y ver que ocurre con la tensión sobre la carga.

3. A partir de un transformador con punto medio de $220V/(12 + 12) V \pm 5\%$, con rectificador y filtro capacitivo adecuado. Diseñar un circuito regulador con diodos Zener que permita obtener una tensión de salida de 10 V para alimentar una carga que consume 60 mA.

Para el cálculo despreciar los efectos de ripple y regulación (se sugiere un $FR \leq 5\%$).

Indicar los valores y la potencia de todos los componentes adoptados.

Realizar el circuito correspondiente en forma manuscrita (dibujo a mano) indicando sus datos.

Simular la fuente regulada para comprobar su funcionamiento.

Desarrollo de Ejemplo 1a:

1a) – Datos: Una tensión de alimentación de 5,1 V, que consume una corriente de 10 mA a partir de una fuente de 10 V.

Del enunciado apreciamos que la tensión de alimentación de la fuente (entrada in) $V_i = 10V = Ctte$. Al igual que la corriente de carga $I_L = 10 mA = Ctte$. Este es un caso donde la fuente regulada se utiliza para asegurar la regulación ante transitorios que pueden ser durante el encendido, apagado, etc. La misma se diseña para un punto de trabajo del Zener cercano a su corriente de prueba I_{ZT} .

Tensión de Zener:

Se elige la tensión de Zener normalizada, lo más cercana a la tensión de carga (Tabla 1), $V_Z = V_L = 5,1V$

Potencia de Zener:

$$P_{Zadoptado} > I_L V_L = 10mA \cdot 5,1V = 51,0 mW. \Rightarrow P_{Zadoptado} = P_Z = 0,4W$$

Corriente máxima de Zener:

$$I_{Zmax} = P_Z / V_Z = 0,4W / 5,1V = 78,4mA = I_{Zmax}$$

Corriente mínima de Zener:

$$I_{Zmin} = 0,05 I_{Zmax} = 0,05 \cdot 78,4mA = 3,92mA = I_{Zmin}$$

Corriente de prueba de Zener:

$$I_{ZT} = 0,25 I_{Zmax} = 0,25 \cdot 78,4mA = 19,6mA = I_{ZT}$$

Cálculo del valor del resistor R_S :

Por ley de Ohm calculo el valor teórico de R_{St} , considerando el circuito de la Fig. 2.

$$R_{St} = \frac{V_{RS}}{I_{RS}} = \frac{V_i - V_L}{I_L + I_{ZT}} = \frac{10V - 5,1V}{10mA + 19,6mA} = 165,5\Omega = R_{St}$$

Adopto un valor normalizado de la serie E12, siguiendo algún criterio, Por ejemplo el valor más cercano, o el de menor consumo, etc. En este caso, ambos criterios son coincidentes adoptándose $R_S = 180\Omega$.

Con el valor de R_S adoptado, verifico por cálculo o por simulación el punto de funcionamiento.

Cálculo de la potencia del resistor R_S :

Por ley de Ohm y ley Joule calculo la potencia teórica del resistor P_{RS} .

$$P_{RS} = V_{RS}^2 / R_S = (4,9V)^2 / 180\Omega = 0,133W = P_{RS}$$

Aplico un factor de seguridad (por ej. $F_s = 1,5$) y adopto una potencia normalizada

$$P_{RS} \geq P_{RS} \cdot F_s = 0,133W \cdot 1,5 = 0,2W \Rightarrow P_{RS} = 1/4W$$

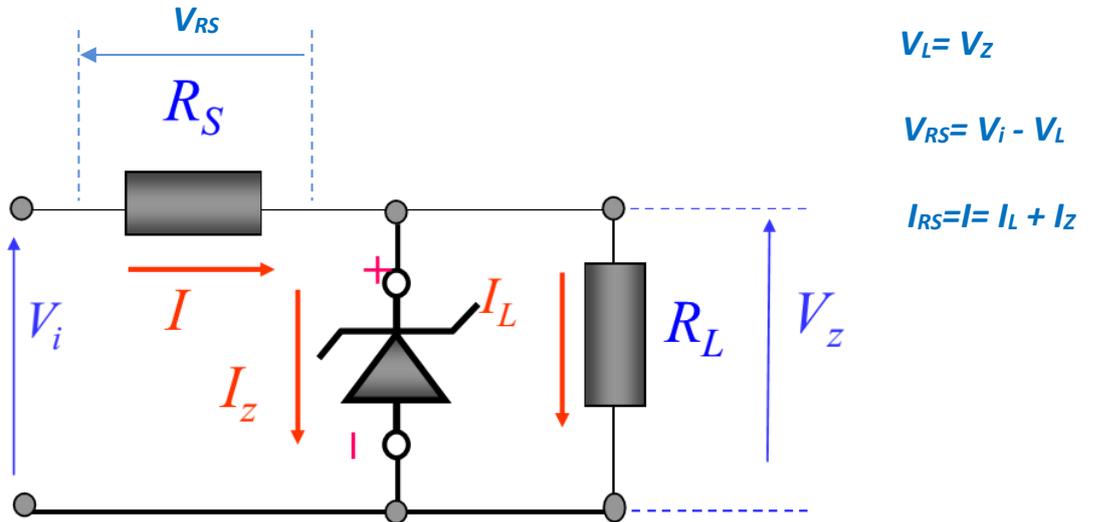


Fig. 2: Fuente Regulada con Zener Paralelo con la Carga

Simulación Ejemplo 1a:

- i- En esta oportunidad lo haremos con el simulador, que puede ser el LIVEWIRE, u otro de su preferencia, implementando un circuito como el de la Fig. 3, con los valores adoptados en el cálculo. Debe verificarse que en cualquier situación de trabajo la corriente se Zener sea: $I_{Zmin} \leq I_Z \leq I_{ZMax}$.

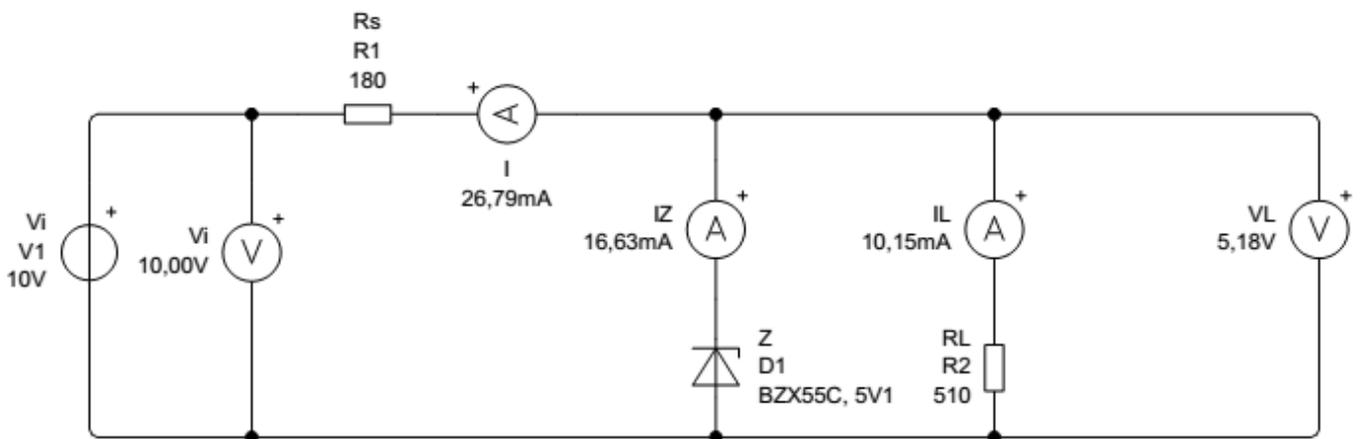


Fig. 3: Simulación - Fuente Regulada con Zener Paralelo

- ii- Implementar el circuito de la Fig. 3 en forma práctica con los componentes e instrumentos provistos por la cátedra.

Desarrollo de Ejemplo 1. b:

1b) – Datos: Una tensión regulada a la carga de 7,5 V, que consume una corriente entre 5 y 10 mA a partir de una fuente de 12 V.

Del enunciado apreciamos que la tensión de alimentación de la fuente (entrada in) $V_i = 12V = Ctte.$ Que la corriente de carga I_L es variable entre: $5mA \leq I_L \leq 10 mA$. En este caso, para asegurar la regulación, la fuente regulada se diseña para que el punto de trabajo del Zener, pueda moverse sin alcanzar sus valores extremos, $I_{Zmin} \leq I_Z \leq I_{ZMax}$.

Tensión de Zener:

Se elige la tensión de Zener normalizada, lo más cercana a la tensión de carga (Tabla 1), $V_Z = V_L = 7,5V$

Potencia de Zener:

$P_{Zadoptado} > 1,1 V_L I_{Lmax} \Rightarrow P_{Zadoptado} > 1,1 \cdot 7,5V \cdot 10mA = 82,5 mW \Rightarrow \underline{P_{Zadoptado} = P_Z = 0,4W}$

Corriente máxima de Zener:

$I_{Zmax} = P_Z / V_Z = 0,4W / 7,5 = \underline{53,3mA = I_{Zmax}}$

Corriente mínima de Zener:

$I_{Zmin} = 0,05 I_{Zmax} = 0,05 \cdot 53,3mA = \underline{2,66mA = I_{Zmin}}$

Corriente de prueba de Zener:

$I_{ZT} = 0,25 I_{Zmax} = 0,25 \cdot 53,3mA = \underline{13,3mA = I_{ZT}}$

Cálculo del valor del resistor R_S :

Por ley de Ohm calculo el valor teórico de R_{St} , considerando el circuito de la Fig. 2.

$R_{St} = \frac{V_{RS}}{I_{RS}} = \frac{V_i - V_L}{I_L + I_Z} = R_{St}$. El numerador de esta expresión es constante, el denominador es variable, ya que:

$5mA \leq I_L \leq 10 mA$ - y - $2,66mA \leq I_Z \leq 53,3 mA$. Además del análisis del circuito se aprecia (Fig. 2) que, una vez adoptado R_S , la corriente en el mismo es constante, $I = I_{RS} = I_L + I_Z = Ctte.$, ya que tanto V_i , como V_L son constantes, esto hace que cuando I_L aumente I_Z baje y viceversa. Esto permite tener dos valores de extremos de funcionamiento para R_S y calcularemos sus valores R_{St1} y R_{St2}

$$R_{St1} = \frac{V_{RS}}{I_{RS}} = \frac{V_i - V_L}{I_{Lmax} + I_{Zmin}} = \frac{12V - 7,5V}{10mA + 2,66mA} = 355,4\Omega = R_{St1} = R_{Stmax}$$

$$R_{St2} = \frac{V_{RS}}{I_{RS}} = \frac{V_i - V_L}{I_{Lmin} + I_{Zmax}} = \frac{12V - 7,5V}{5mA + 53,3mA} = 77,18\Omega = R_{St2} = R_{Stmin}$$

Cualquier valor de resistencia que se encuentra entre estos valores extremos permite que el circuito de regulación funcione. En la práctica se saca el valor medio de ambos y se adopta un valor normalizado por algún criterio.

$$R_{St} = \frac{R_{St1} + R_{St2}}{2} = \frac{R_{Stmax} + R_{Stmin}}{2} = \frac{355,4\Omega + 77,18\Omega}{2} = 216,29\Omega = R_{St}$$

$R_{Sadoptado} = R_S = \underline{220\Omega = R_S}$, Adoptado de la serie E12

Con el valor de R_S adoptado, verifico por cálculo y o por simulación el rango de funcionamiento. Fig. 4.

Cálculo de la potencia del resistor R_S :

Por ley de Ohm y ley Joule calculo la potencia teórica del resistor P_{RS} .

$$P_{RS} = V_{RS}^2 / R_S = (4,5V)^2 / 220\Omega = 0,092W = P_{RS}$$

Aplico un factor de seguridad (por ej. $F_s=1,5$) y adopto una potencia normalizada

$$P_{RS} \geq P_{RS} \cdot F_s = 0,092W \cdot 1,5 = 0,138W \Rightarrow \underline{P_{RS} = 1/4W}$$

Simulación Ejemplo 1b:

- i- Lo haremos con un simulador, que puede ser el LIVEWIRE, u otro de su preferencia, implementando un circuito como el de la Fig. 4, con los valores adoptados en el cálculo. Debe verificarse que en cualquier situación de trabajo la corriente se Zener sea: $I_{Zmin} \leq I_Z \leq I_{ZMax}$.

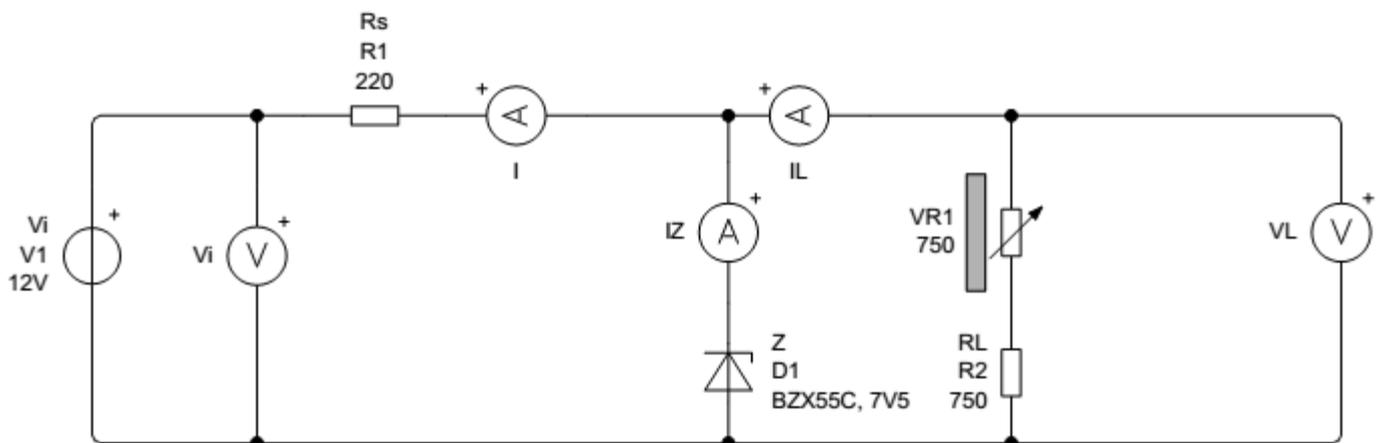


Fig. 4: Simulación - Fuente Regulada con Zener Paralelo – Carga variable

- ii- Luego de realizar la simulación implementar el circuito en forma práctica con los componentes e instrumentos provistos por la cátedra.