



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL



ESCUELA SUPERIOR DE CÓMPUTO

INGENIERIA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES

MATERIA: ELECTRÓNICA ANALÓGICA

PROFESOR: ROCHA BERNABE ROSARIO

EQUIPO: 4

PRESENTAN:

RAMIREZ BENITEZ BRAYAN

CHAVEZ LOPEZ OLIVER OMAR

GRUPO: 2CM5

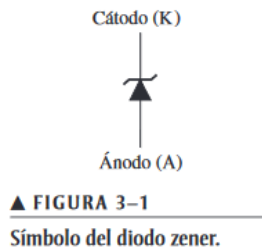
PRÁCTICA No. 3

DIODO ZENER Y REGULADORES DE VOLTAJE

ESTADO DE MEXICO OCTUBRE 2020

## Marco teórico

El símbolo de un diodo Zener se muestra en la figura 3-1. En lugar de una línea recta que representa el cátodo, el diodo Zener utiliza una línea quebrada en los extremos que recuerda la letra Z (por Zener). Un diodo Zener es un dispositivo de silicio con unión pn diseñado para operar en la región de ruptura en inversa. El voltaje de ruptura de un diodo Zener se ajusta controlando cuidadosamente el nivel de dopado durante su fabricación.



▲ FIGURA 3-1

Símbolo del diodo zener.

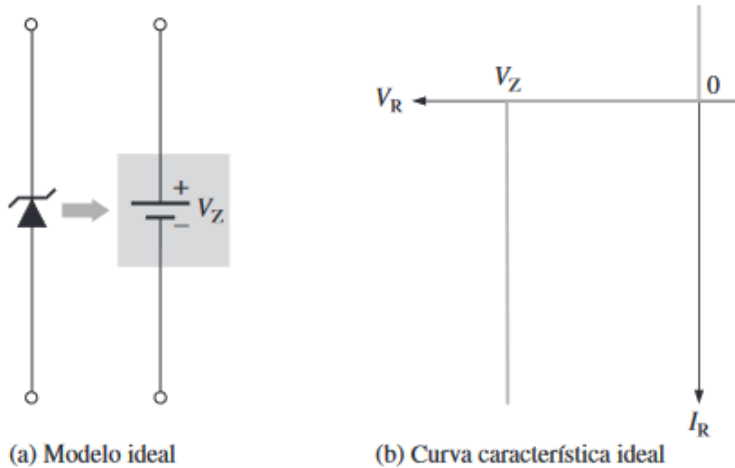
### Ruptura Zener

Los diodos Zener se diseñan para operar en condición de ruptura en inversa, los dos tipos de ruptura en inversa son la de avalancha y Zener. El efecto de avalancha, ocurre tanto en diodos rectificadores como en los Zener a un voltaje inverso suficientemente alto. La ruptura Zener ocurre en un diodo Zener a voltajes en inversa bajos. Un diodo Zener se dopa en exceso para reducir el voltaje de ruptura; esto crea una región de empobrecimiento muy estrecha. En consecuencia, existe un intenso campo eléctrico adentro de la región de empobrecimiento. Cerca del voltaje de ruptura Zener ( $V_Z$ ), el campo es suficientemente intenso para jalar electrones de sus bandas de valencia. Los diodos Zener con voltajes de ruptura de menos de 5 V operan predominantemente en ruptura Zener. Aquellos con voltajes de más de 5 V operan predominantemente en ruptura de avalancha. Ambos tipos, sin embargo, se conocen como diodos Zener. Los diodos Zener están comercialmente disponibles con voltajes de ruptura de menos de 1 V hasta más de 250 V, con tolerancias especificadas de 1 a 20 por ciento.

### Circuito equivalente ideal de un Zener

La figura 3-4 muestra el modelo ideal de un diodo Zener en ruptura inversa y su curva característica ideal. Experimenta una caída de voltaje igual al voltaje nominal del Zener. Esta caída de voltaje a través del diodo Zener producida por la ruptura

en inversa está representada por un símbolo de un voltaje de cd aun cuando el diodo Zener no produce voltaje.



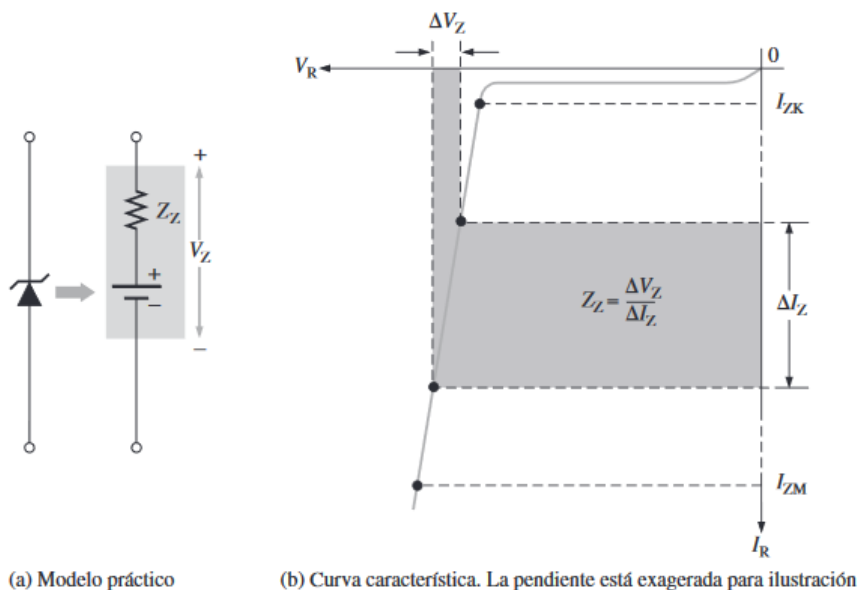
◀ FIGURA 3-4  
Modelo de circuito  
equivalente del diodo zener  
ideal y la curva característica.

#### Circuito equivalente práctico de un Zener

La figura 3-5 (a) representa el modelo práctico de un diodo Zener, donde la impedancia Zener (resistencia)  $Z_Z$  está incluida. Como la curva de voltaje real no es idealmente vertical, un cambio en la corriente del Zener ( $I_Z$ ) produce un pequeño cambio del voltaje Zener ( $V_Z$ ) como la figura 3-5 (b) lo ilustra. Según la ley de Ohm, la relación de  $V_Z$  a  $I_Z$  es la impedancia, tal como la siguiente ecuación lo expresa:

$$Z_Z = \frac{\Delta V_Z}{\Delta I_Z}$$

Normalmente,  $Z_Z$  se especifica en la corriente de prueba Zener. En la mayoría de los casos puede suponerse que  $Z_Z$  es una constante pequeña dentro del intervalo completo de valores de corriente Zener y es puramente resistiva. Es mejor no operar un diodo Zener cerca de la inflexión de la curva porque la impedancia cambia dramáticamente en dicha área.



◀ FIGURA 3-5  
Modelo de circuito  
equivalente práctico del diodo  
zener y la curva característica  
ilustrando  $Z_Z$ .

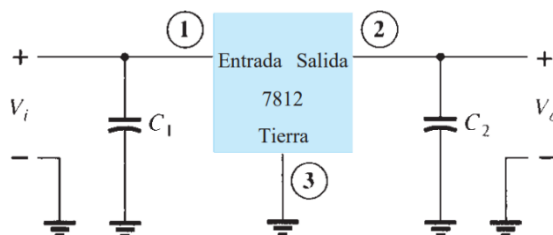
Para la mayoría de los análisis de circuitos y tareas de solución de fallas, el modelo ideal dará muy buenos resultados y es mucho más fácil de utilizar que modelos más complicados. Cuando un diodo Zener opera normalmente, estará en ruptura inversa y se deberá observar el voltaje de ruptura nominal a través de él. La mayoría de los esquemas indicarán en el dibujo cual debe ser este voltaje.

### Reguladores de voltaje.

Un regulador de voltaje (también llamado estabilizador de voltaje o acondicionador de voltaje) es un equipo eléctrico que acepta una tensión eléctrica de voltaje variable a la entrada, dentro de un parámetro predeterminado mantiene a la salida una tensión constante (regulada).

#### Reguladores de voltaje positivos de salida fija

Los reguladores de la serie 78XX proporcionan voltajes regulados fijos de 5 V a 24 V. Los últimos dos dígitos indican el voltaje de salida. En la siguiente figura se muestra cómo se conecta un regulador de este tipo, en este caso un 7812.



El capacitor  $C_1$  filtra un voltaje de entrada no regulado  $V_i$  y lo conecta a la terminal IN (entrada) del circuito integrado. La terminal OUT (salida) del circuito integrado proporciona un voltaje regulado de 12 V, filtrado por el capacitor  $C_2$  (principalmente para ruido de alta frecuencia). La tercera terminal del circuito integrado se conecta a tierra.

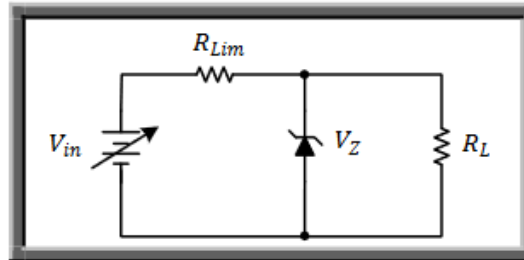
Si bien el voltaje de entrada puede variar dentro de algún intervalo de voltaje permisible y la carga de salida dentro de uno aceptable, el voltaje de salida permanece constante dentro de los límites de variación del voltaje especificados. Estos límites aparecen en las hojas de especificaciones del fabricante. La siguiente tabla contiene circuitos integrados reguladores de voltaje positivo.

Circuito integrado	Voltaje de salida (V)	$V_i$ mínimo (V)
7805	+5	7.3
7806	+6	8.3
7808	+8	10.5
7810	+10	12.5
7812	+12	14.6
7815	+15	17.7
7818	+18	21.0
7824	+24	27.1

## Desarrollo

### Circuitos de operación del zener

Armar el siguiente circuito para cada uno de los diodos.



Para el diodo zener de 3.3 V emplear una resistencia de  $82\ \Omega$  en  $R_{Lim}$  y una resistencia de  $33\ \Omega$  en  $R_L$ , varíe el voltaje de la fuente como se muestra en la tabla y mida el voltaje en la resistencia  $R_L$  y anótelos en la tabla.

Para el diodo zener de 5.1 V emplear una resistencia de  $56\ \Omega$  en  $R_{Lim}$  y una resistencia de  $49\ \Omega$  en  $R_L$ , varíe el voltaje de la fuente como se muestra en la tabla y mida el voltaje en la resistencia  $R_L$  y anótelos en la tabla.

Para el diodo zener de 9.0 V emplear una resistencia de  $27\ \Omega$  en  $R_{Lim}$  y una resistencia de  $82\ \Omega$  en  $R_L$ , varíe el voltaje de la fuente como se muestra en la tabla y mida el voltaje en la resistencia  $R_L$  y anótelos en la tabla.

Voltaje de la fuente (V)	Voltaje en la resistencia					
	3.3 V		5.1 V		9.0 V	
	V. Simulado	V. Calculado	V. Simulado	V. Calculado	V. Simulado	V. Calculado
3.0	0.86 V	0.8609 V	1.40 V	1.4 V	2.26 V	2.2568 V
4.0	1.15 V	1.1478 V	1.87 V	1.8666 V	3.01 V	3.0091 V
5.0	1.43 V	1.4347 V	2.33 V	2.3333 V	3.76 V	3.7614 V
6.0	1.72 V	1.7217 V	2.80 V	2.8 V	4.51 V	4.5137 V
7.0	2.01 V	2.0086 V	3.27 V	3.2666 V	5.27 V	5.2661 V
8.0	2.30 V	2.2956 V	3.73 V	3.7333 V	6.02 V	6.0183 V
9.0	2.58 V	2.5826 V	4.20 V	4.2 V	6.77 V	6.7706 V
10.0	2.87 V	2.8695 V	4.67 V	4.6666 V	7.52 V	7.5229 V
11.0	3.16 V	3.1565 V	5.11 V	5.1 V	8.28 V	8.2752 V
12.0	3.36 V	3.3 V	5.20 V	5.1 V	9.03 V	9.1 V
13.0	3.40 V	3.3 V	5.22 V	5.1 V	9.22 V	9.1 V
14.0	3.41 V	3.3 V	5.24 V	5.1 V	9.24 V	9.1 V
15.0	3.43 V	3.3 V	5.25 V	5.1 V	9.26 V	9.1 V

El voltaje para encender el diodo Zener está dado por  $V_{\min} = \frac{(R_L + R_{Lim})(V_Z)}{R_L}$ .

Para el diodo de 3.3V:

$$V_{\min} = \frac{(33\Omega + 82\Omega)(3.3V)}{33\Omega} = 11.5V$$

Para el diodo de 5.1 V:

$$V_{\min} = \frac{(49\Omega + 56\Omega)(5.1V)}{49\Omega} = 10.928V$$

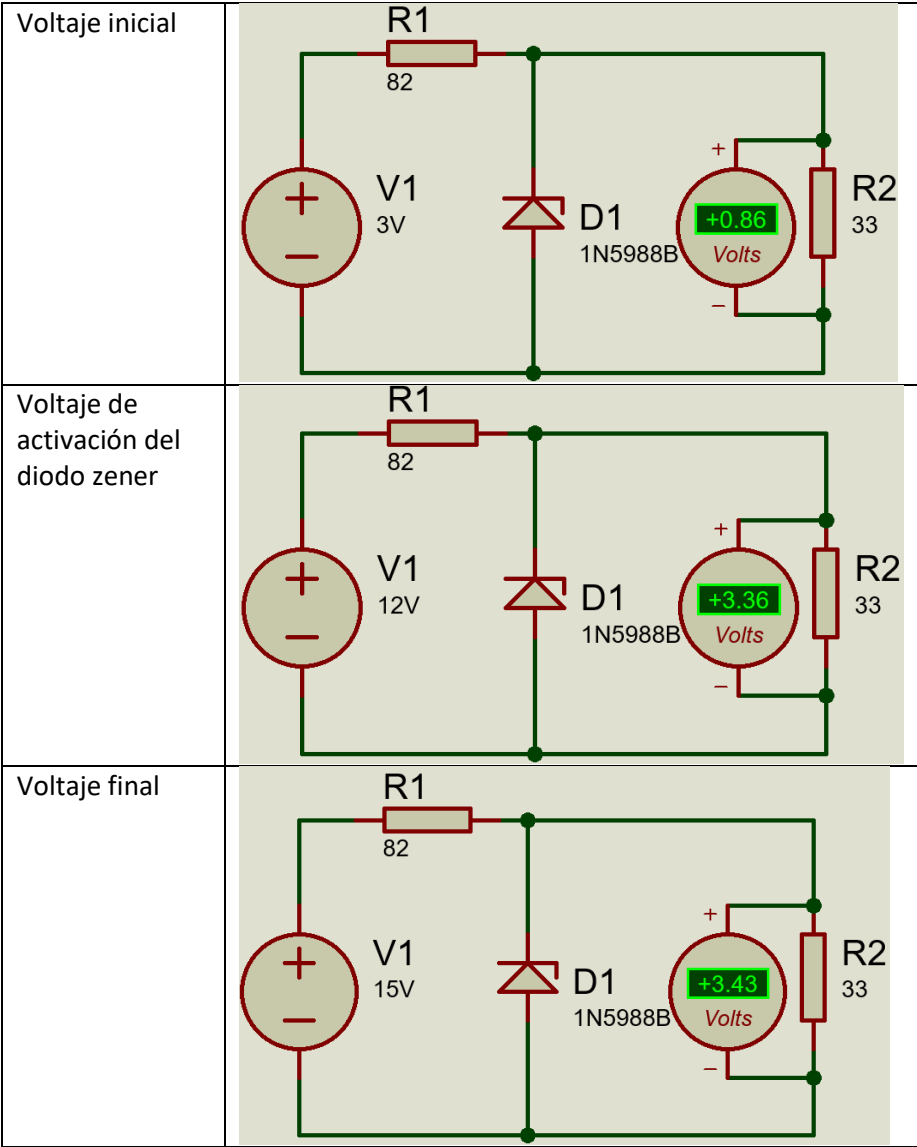
Para el diodo de 9 V:

$$V_{\min} = \frac{(82\Omega + 27\Omega)(9V)}{82\Omega} = 11.9634V$$

Voltaje de la fuente (V)	Voltaje en la resistencia		
	3.3 V	5.1 V	9.0 V
<b>3.0</b>	$V = \frac{(33\Omega)(3V)}{33\Omega + 82\Omega} = 0.8608V$	$V = \frac{(49\Omega)(3V)}{49\Omega + 56\Omega} = 1.4V$	$V = \frac{(82\Omega)(3V)}{82\Omega + 27\Omega} = 2.2568V$
<b>4.0</b>	$V = \frac{(33\Omega)(4V)}{33\Omega + 82\Omega} = 1.1478V$	$V = \frac{(49\Omega)(4V)}{49\Omega + 56\Omega} = 1.8666V$	$V = \frac{(82\Omega)(3V)}{82\Omega + 27\Omega} = 3.0091V$
<b>5.0</b>	$V = \frac{(33\Omega)(5V)}{33\Omega + 82\Omega} = 1.4347$	$V = \frac{(49\Omega)(5V)}{49\Omega + 56\Omega} = 2.3333V$	$V = \frac{(82\Omega)(3V)}{82\Omega + 27\Omega} = 2.37614V$
<b>6.0</b>	$V = \frac{(33\Omega)(6V)}{33\Omega + 82\Omega} = 1.7217V$	$V = \frac{(49\Omega)(6V)}{49\Omega + 56\Omega} = 2.8V$	$V = \frac{(82\Omega)(3V)}{82\Omega + 27\Omega} = 4.5137V$
<b>7.0</b>	$V = \frac{(33\Omega)(7V)}{33\Omega + 82\Omega} = 2.0086V$	$V = \frac{(49\Omega)(7V)}{49\Omega + 56\Omega} = 3.2666V$	$V = \frac{(82\Omega)(3V)}{82\Omega + 27\Omega} = 5.2661V$
<b>8.0</b>	$V = \frac{(33\Omega)(8V)}{33\Omega + 82\Omega} = 2.2956V$	$V = \frac{(49\Omega)(8V)}{49\Omega + 56\Omega} = 3.7333V$	$V = \frac{(82\Omega)(3V)}{82\Omega + 27\Omega} = 6.0183V$
<b>9.0</b>	$V = \frac{(33\Omega)(9V)}{33\Omega + 82\Omega} = 2.5826V$	$V = \frac{(49\Omega)(9V)}{49\Omega + 56\Omega} = 4.2V$	$V = \frac{(82\Omega)(3V)}{82\Omega + 27\Omega} = 6.7706V$
<b>10.0</b>	$V = \frac{(33\Omega)(10V)}{33\Omega + 82\Omega} = 2.8695V$	$V = \frac{(49\Omega)(10V)}{49\Omega + 56\Omega} = 4.6666V$	$V = \frac{(82\Omega)(3V)}{82\Omega + 27\Omega} = 7.5229V$
<b>11.0</b>	$V = \frac{(33\Omega)(11V)}{33\Omega + 82\Omega} = 3.1565V$	$V_L = V_Z = 5.1$	$V = \frac{(82\Omega)(3V)}{82\Omega + 27\Omega} = 8.2752V$
<b>12.0</b>	$V_L = V_Z = 3.3 V$	$V_L = V_Z = 5.1 V$	$V_L = V_Z = 9.1 V$

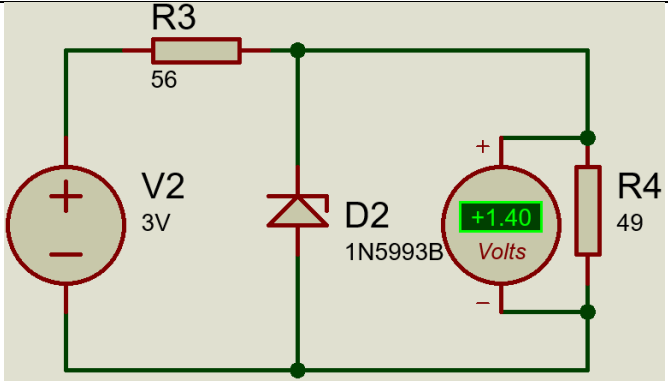
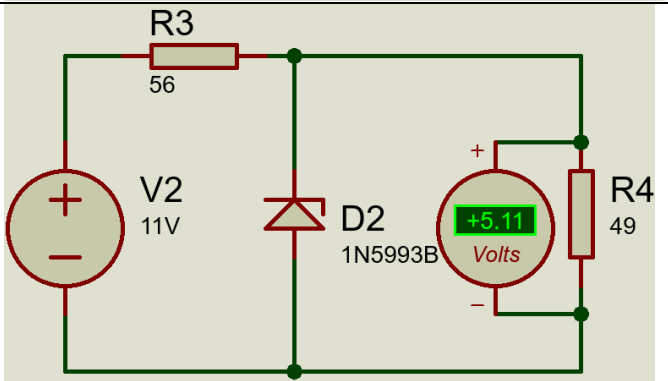
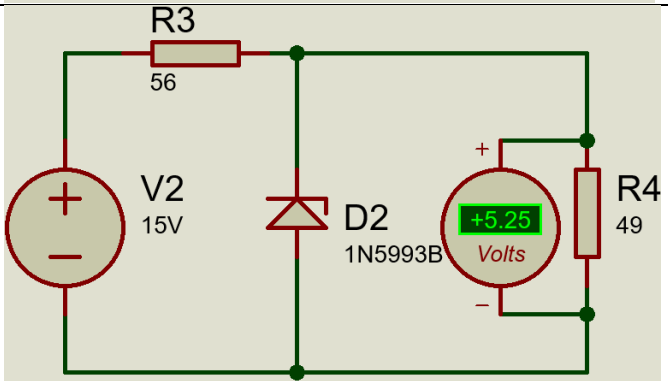
<b>13.0</b>	$V_L = V_Z = 3.3\text{ V}$	$V_L = V_Z = 5.1\text{ V}$	$V_L = V_Z = 9.1\text{ V}$
<b>14.0</b>	$V_L = V_Z = 3.3\text{ V}$	$V_L = V_Z = 5.1\text{ V}$	$V_L = V_Z = 9.1\text{ V}$
<b>15.0</b>	$V_L = V_Z = 3.3\text{ V}$	$V_L = V_Z = 5.1\text{ V}$	$V_L = V_Z = 9.1\text{ V}$

### Diodo Zener de 3.3 V

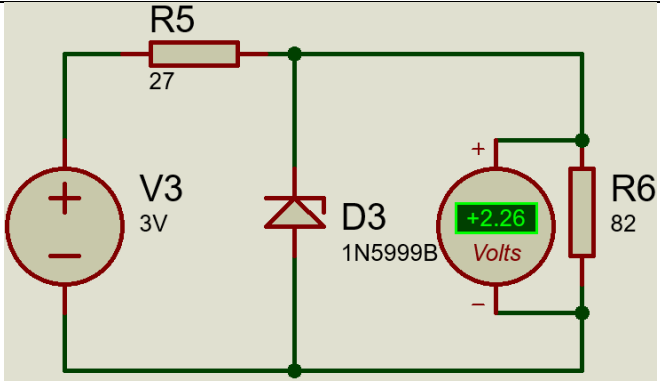
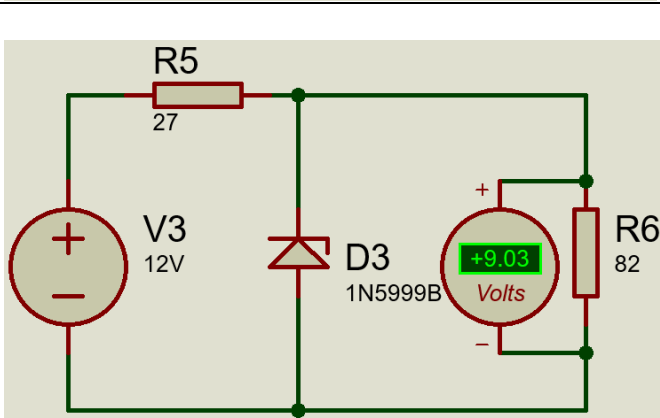
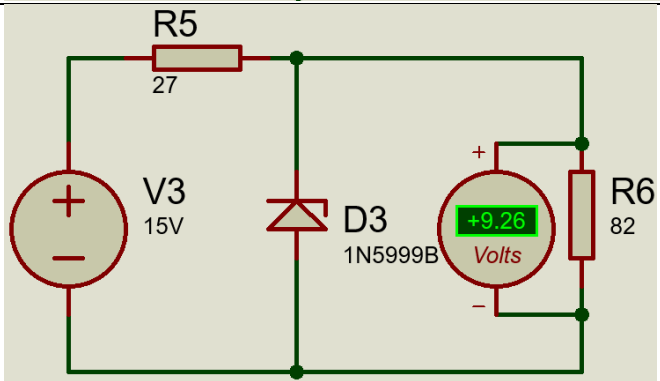




### Diodo Zener de 5.1 V

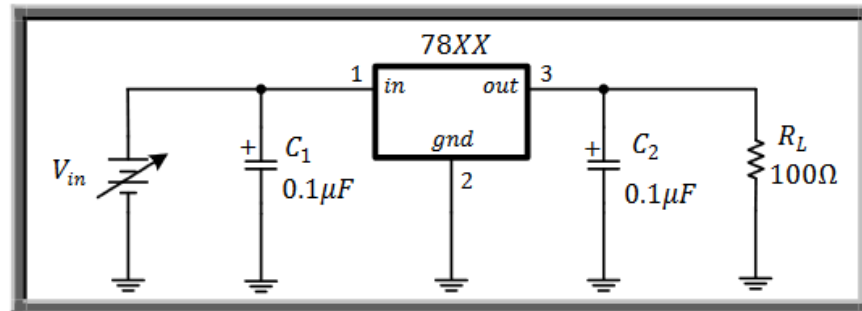
Voltaje inicial	 <p>Circuit diagram showing a 3V DC source (V2) connected in series with a 56 ohm resistor (R3). The circuit is connected to a 1N5993B Zener diode (D2) in parallel with a 49 ohm resistor (R4). A voltmeter measures the voltage across R4, showing +1.40 Volts.</p>
Voltaje de activación del diodo zener	 <p>Circuit diagram showing an 11V DC source (V2) connected in series with a 56 ohm resistor (R3). The circuit is connected to a 1N5993B Zener diode (D2) in parallel with a 49 ohm resistor (R4). A voltmeter measures the voltage across R4, showing +5.11 Volts.</p>
Voltaje final	 <p>Circuit diagram showing a 15V DC source (V2) connected in series with a 56 ohm resistor (R3). The circuit is connected to a 1N5993B Zener diode (D2) in parallel with a 49 ohm resistor (R4). A voltmeter measures the voltage across R4, showing +5.25 Volts.</p>

### Diodo Zener de 9 V

Voltaje Inicial	
Voltaje de activación del diodo zener	
Voltaje final	

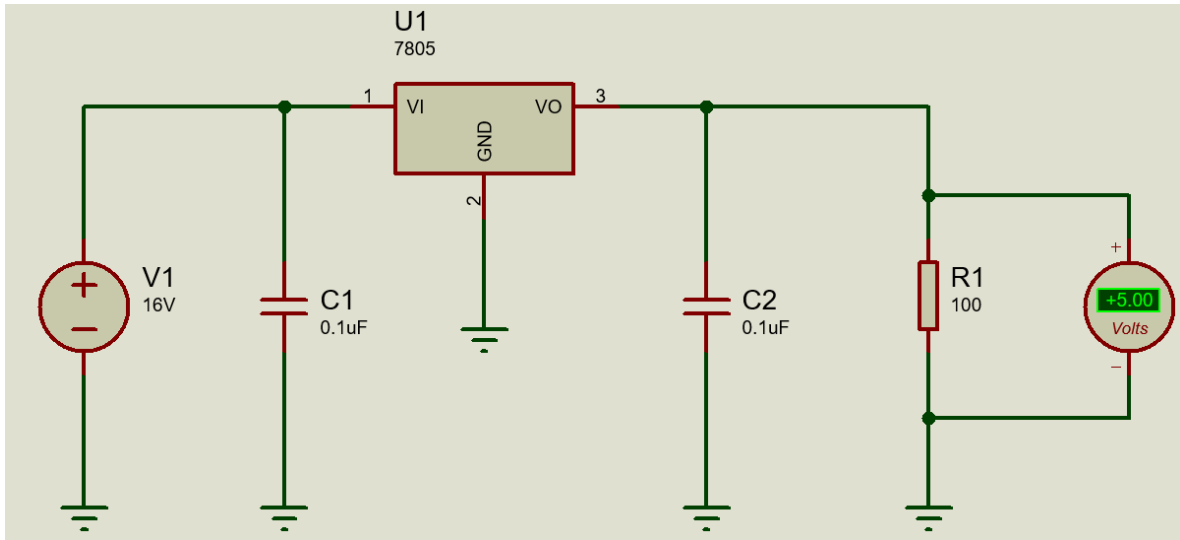
## Regulador de voltaje fijo positivo

Arma el siguiente circuito y varía el voltaje de la fuente de alimentación con cada uno de los reguladores de voltaje (LM7805 y LM7812).

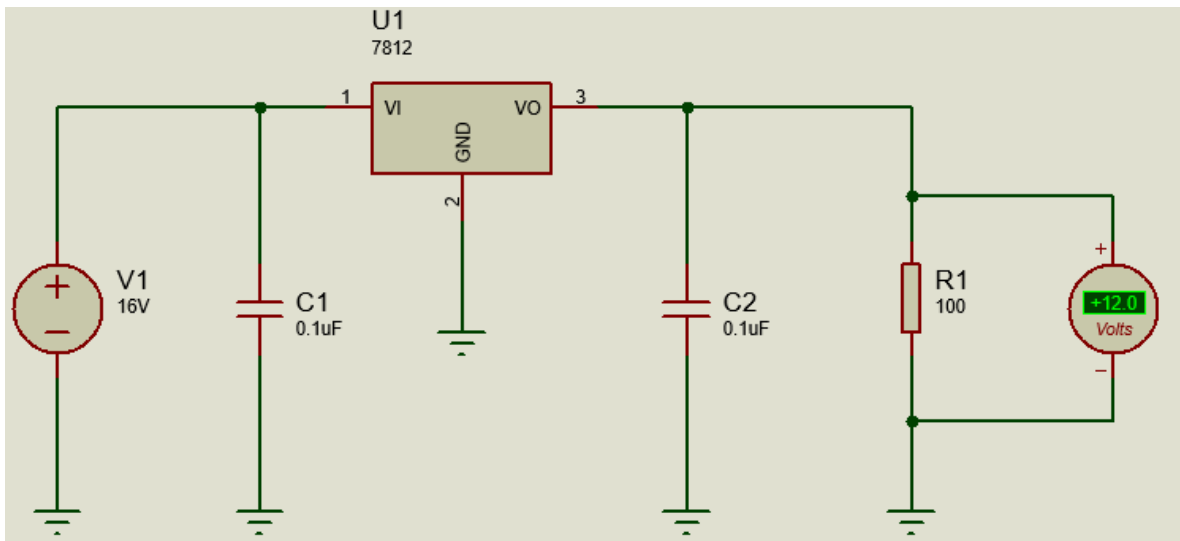


Voltaje de la fuente $V_{in}$ (V)	Voltaje en la resistencia $R_L$	
	LM7805	LM7812
3 V	1.72 V	1.72 V
4 V	2.70 V	2.70 V
5 V	3.69 V	3.69 V
6 V	4.67 V	4.67 V
7 V	5.0 V	5.66 V
8 V	5.0 V	6.65 V
9 V	5.0 V	7.64 V
10 V	5.0 V	8.64 V
11 V	5.0 V	9.63 V
12 V	5.0 V	10.6 V
13 V	5.0 V	11.6 V
14 V	5.0 V	12 V
15 V	5.0 V	12 V
16 V	5.0 V	12 V

## Regulador de voltaje fijo positivo (LM7805)

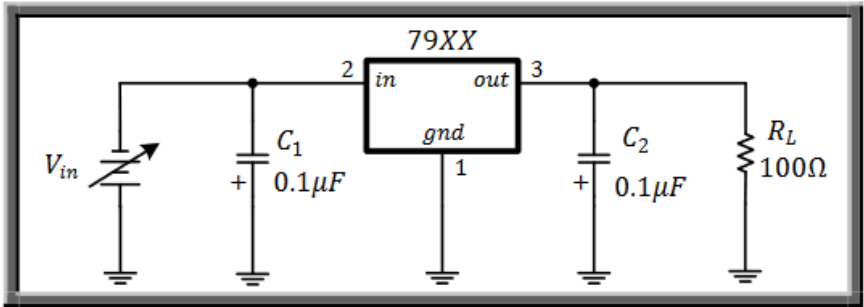


## Regulador de voltaje fijo positivo (LM7812)



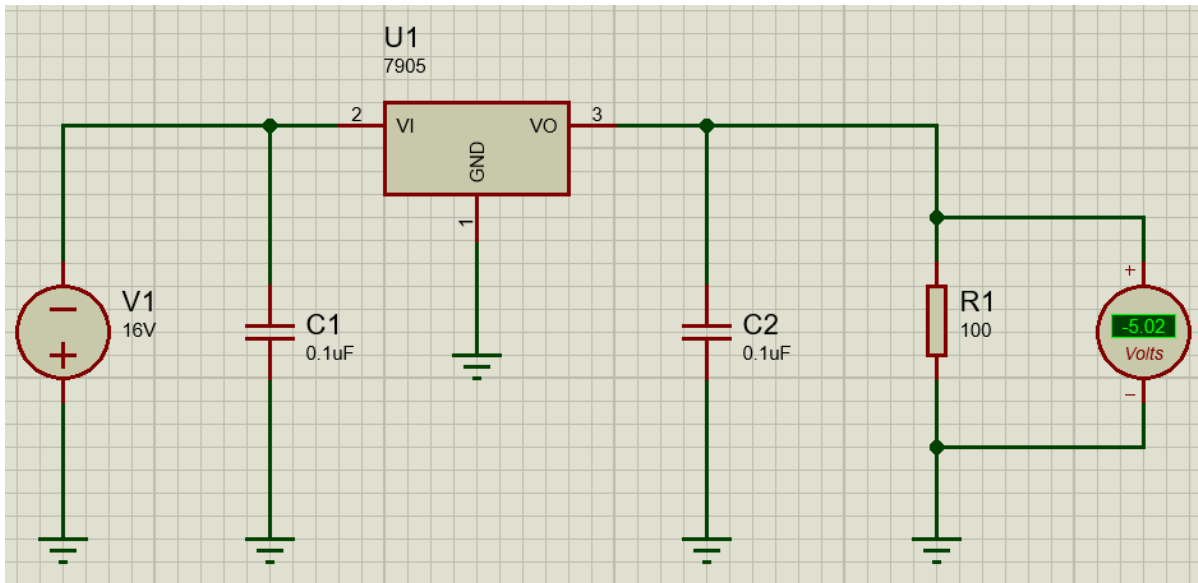
**Regulador de voltaje fijo negativo**

Arma el siguiente circuito y varía el voltaje de la fuente de alimentación con cada uno de los reguladores de voltaje (LM7905 y LM7912).

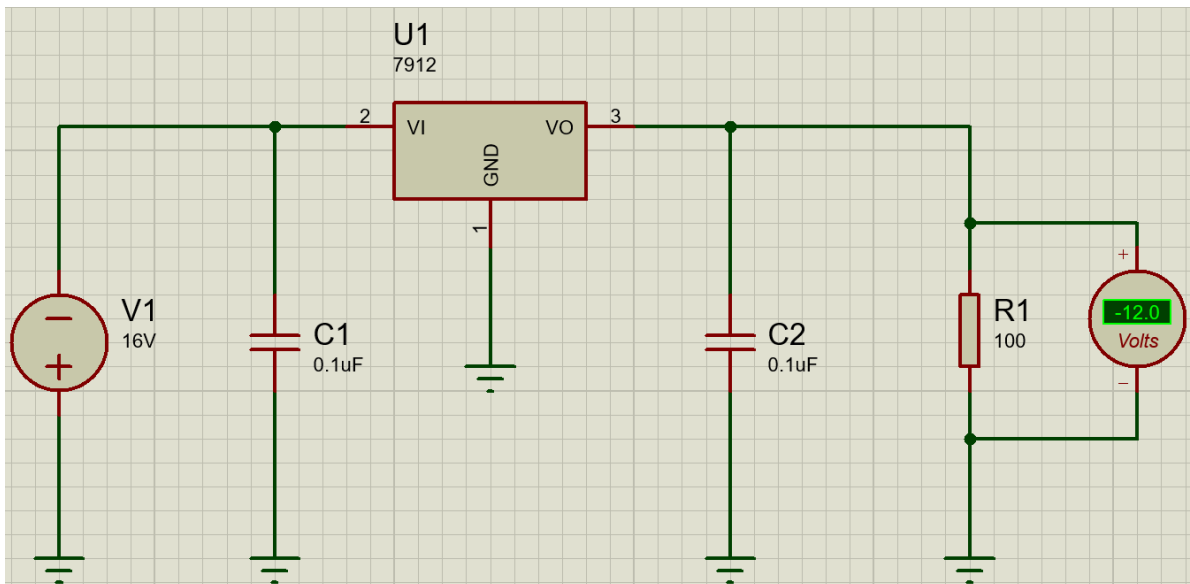


Voltaje de la fuente $V_{in}$ (V)	Voltaje en la resistencia $R_L$	
	LM7905	LM7912
3 V	-2.3 V	-2.23 V
4 V	-3.21 V	-3.21 V
5 V	-4.20 v	-4.20 V
6 V	-5.02 V	-5.19 V
7 V	-5.02 V	-6.17 V
8 V	-5.02 V	-7.16 V
9 V	-5.02 V	-8.15 V
10 V	-5.02 V	-9.14 V
11 V	-5.02 V	-10.1 V
12 V	-5.02 V	-11.1 V
13 V	-5.02 V	-12 V
14 V	-5.02 V	-12 V
15 V	-5.02 V	-12 V
16 V	-5.02 V	-12 V

## Regulador de voltaje fijo negativo (LM7905)

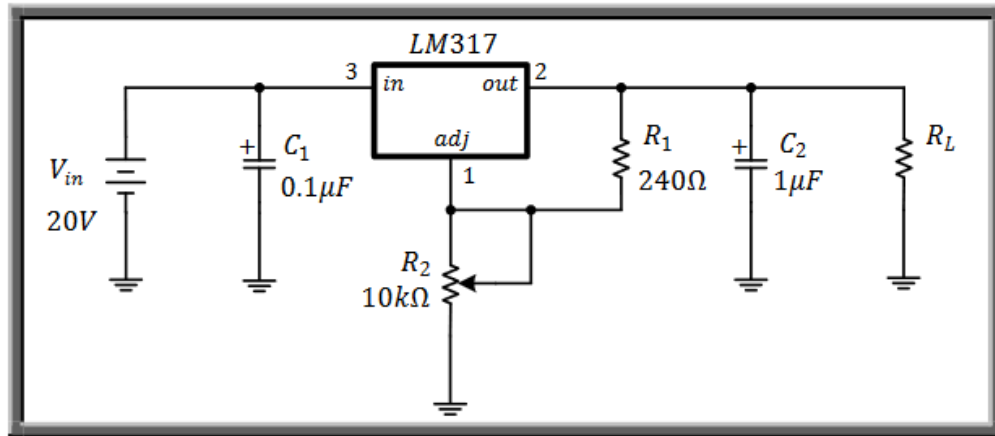


## Regulador de voltaje fijo negativo (LM7912)



## Regulador de voltaje variable positivo

Armar el siguiente circuito

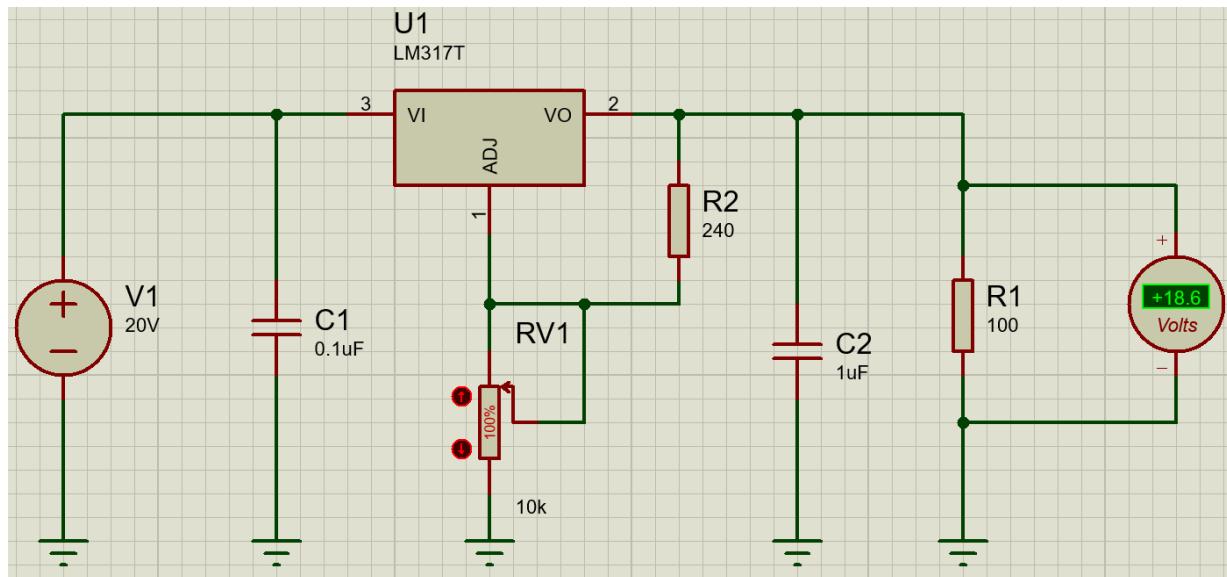


Variar el potenciómetro  $R_2$  para obtener el voltaje de salida positivo mínimo y máximo de la fuente.

$$V_{0Max} = 18.6 \text{ V y } V_{0Min} = 1.25 \text{ V}$$

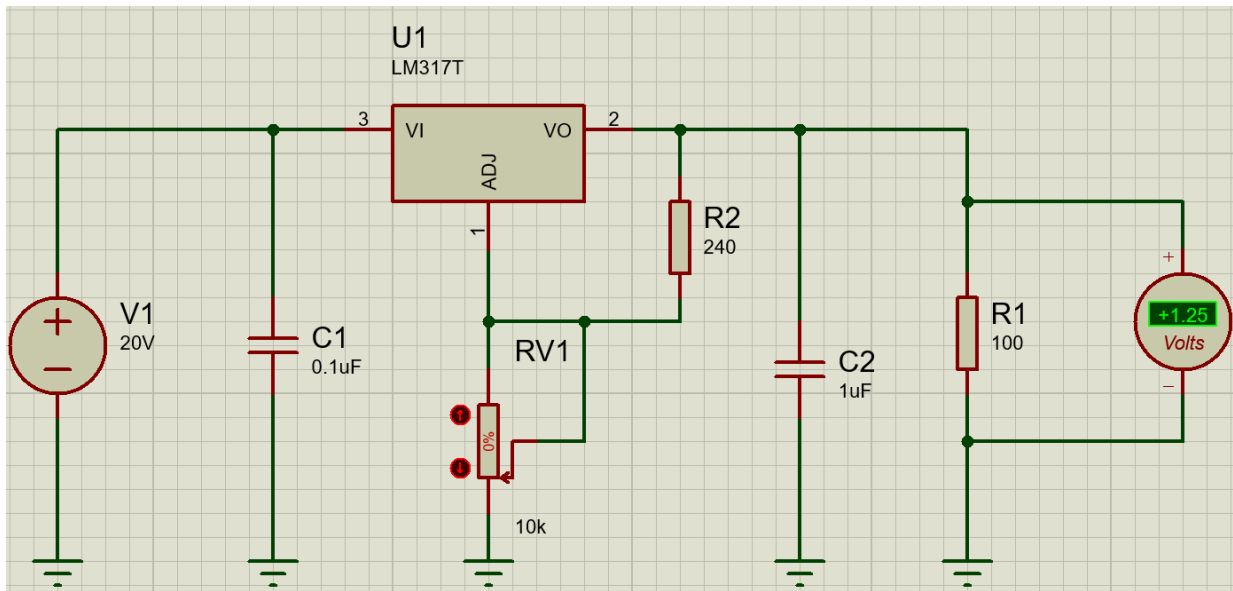
## Regulador de voltaje variable positivo (LM317)

$V_{0Max}$



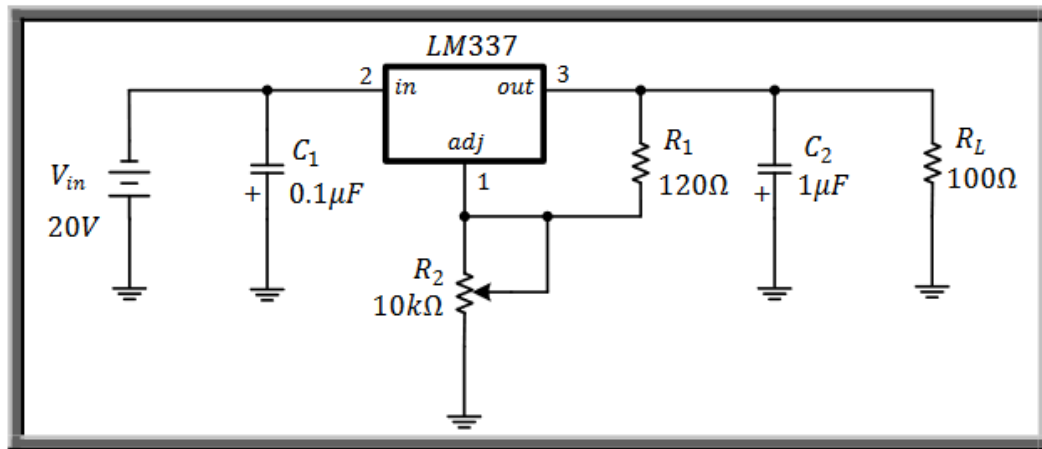
## Regulador de voltaje variable positivo (LM317)

$V_{0Min}$



## Regulador de voltaje variable negativo

Armar el siguiente circuito



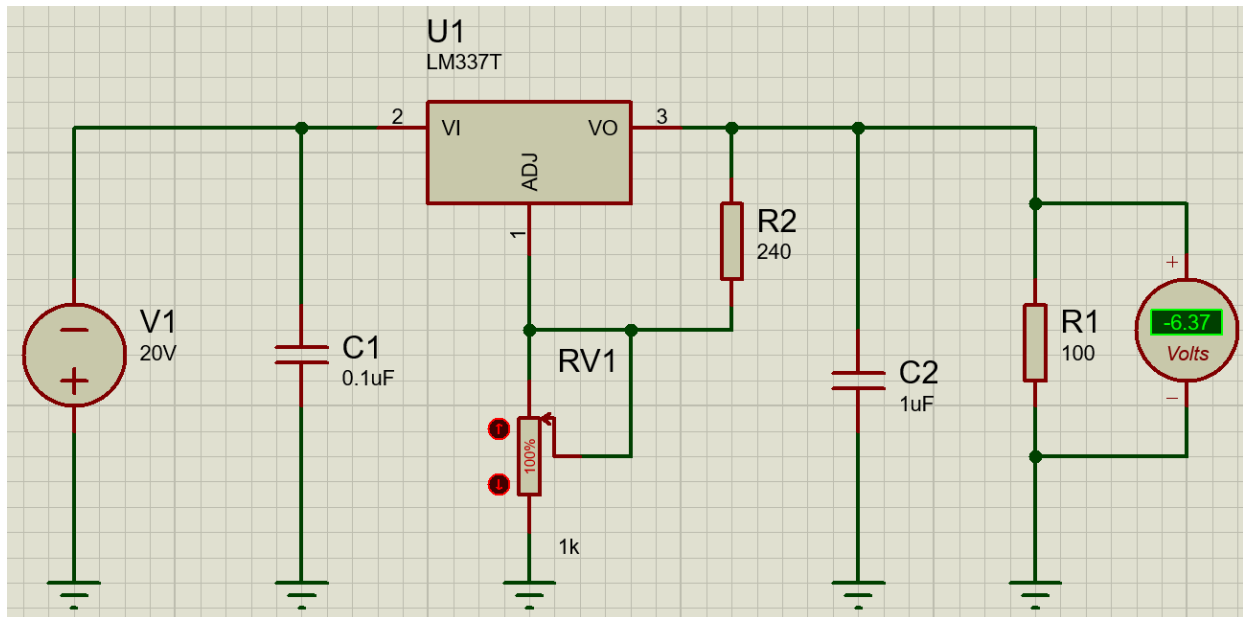
Ahora variar el potenciómetro  $R_2$  para obtener el voltaje de salida negativa mínimo y máximo de la fuente.

$$V_{0Max} = -6.37 \text{ V y } V_{0Min} = -1.25 \text{ V}$$



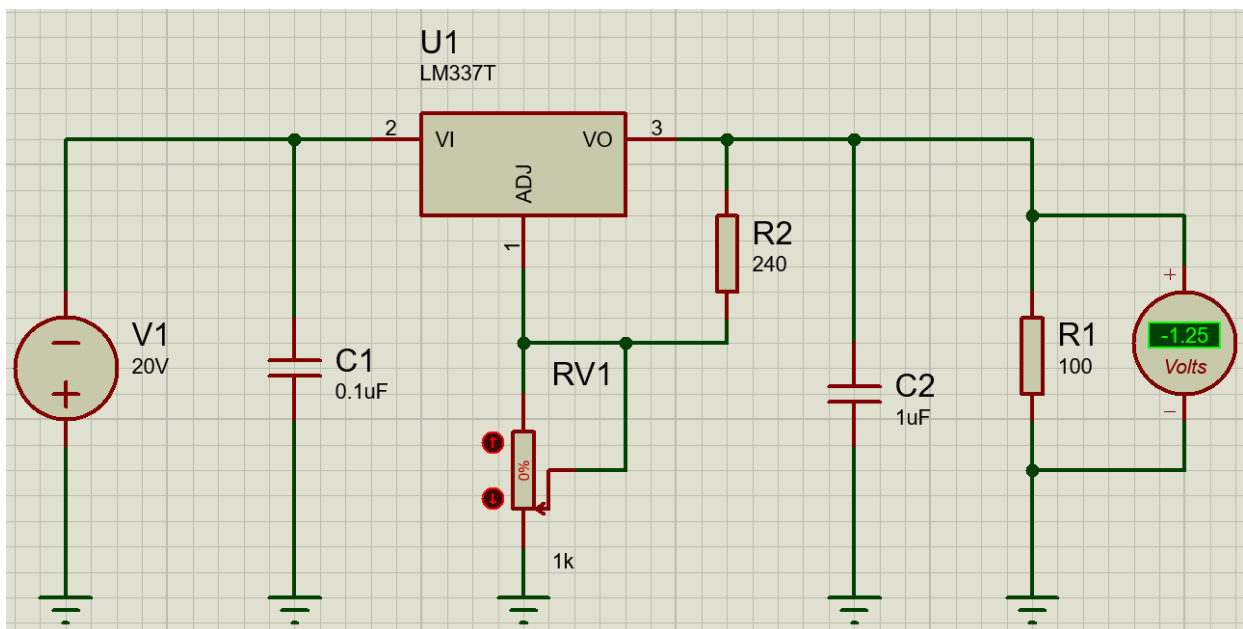
## Regulador de voltaje variable positivo (LM337)

$V_{0Max}$



## Regulador de voltaje variable positivo (LM337)

$V_{0Min}$



## Cuestionario

1. Menciona cual es el principio de funcionamiento de un diodo Zener.

Cuando el diodo esta 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, para la cual el diodo entra en la región de colapso. La corriente empieza a incrementarse rápidamente por el efecto avalancha.

2. ¿Qué sucede con un Zener si el voltaje de la fuente es menor a su voltaje?

El diodo Zener no estará “encendido” y se comportará como un circuito abierto

3. ¿Cuál es la finalidad de un regulador de Voltaje?

El propósito de un regulador de voltaje es mantener el voltaje en un circuito relativamente cerca de un valor deseado.

4. ¿Qué voltaje de salida se tiene en un regulador de voltaje fijo de 5 volts si el voltaje de entrada es de 5 V?

El voltaje de salida será menor a 5V dependiendo de las especificaciones del fabricante ya que los reguladores requieren un cierto voltaje para entregar el voltaje de salida requerido, para los reguladores de la serie 7800 el voltaje mínimo para alcanzar los 5V en la salida es 7.3V. De acuerdo con la simulación, el voltaje de salida es 3.69V.

5. ¿Por qué en los reguladores de voltaje variables el voltaje mínimo es de 1V y ¿2 V?

Es debido a los voltajes de barrera de algunos semiconductores internos del regulador que están entre el pin de "output" y el de "adjust". Además, es indispensable, ya que para regular el voltaje lo que se hace es distanciar ese voltaje de 1.25V de tierra a través de un divisor de voltaje.

## Conclusiones (Individuales)

Chávez López Oliver Omar

En esta práctica logramos conocer cómo se utiliza un diodo Zener polarizado inversamente para regular voltaje. Al tener un voltaje menor que el voltaje para activar el diodo, éste se comporta como circuito abierto y una vez que alcanza el valor del diodo al ir aumentando el voltaje de la fuente, el voltaje en el diodo permanecerá casi constante.

Otra alternativa para regular voltaje consiste en utilizar reguladores fijos de la familia 78XX o 79XX para voltaje positivo y negativo respectivamente, los cuales requieren un voltaje mínimo de entrada para comenzar a regular, el cuál es mayor al voltaje de salida para el que están diseñados ya que el regulador tiene componentes que consumen voltaje.

Ramirez Benítez Brayan

En esta práctica logramos comprender el funcionamiento del diodo Zener, además observamos la eficacia que tienen estos al momento de regular voltaje, pues han sido diseñados para trabajar en una zona de avalancha, por lo cual mantienen un voltaje constante a la salida, además, corroboramos que un diodo Zener trabaja como un diodo normal cuando se polariza directamente, y cuando se polariza inversamente, mientras el voltaje de entrada sea menor al de las hojas de especificaciones este solo dejara pasar una corriente muy pequeña en cambio si este supera el voltaje establecido podremos ver como el voltaje del Zener se mantendrá constante al de las hojas de especificaciones.

## Referencias

- BOYLESTAD, R. L. (s.f.). *Electrónica: Teoría de Circuitos y Dispositivos Electrónicos*. PEARSON.
- R Boylestad, R. y L. Nashelsky. *Electrónica: Teoría De Circuitos Y Dispositivos Electrónicos*. 10th ed. México: PEARSON, 2009.
- T. Floyd. *Dispositivos electrónicos*. 8th ed. México: Pearson Educación, 2008.
- R. Coughlin y F. Driscoll. *Amplificadores operacionales y circuitos integrados lineales*. 4ta ed. México: Prentice-Hall, 1993.
- G. Valls, J. López, y J. Marí, *Fundamentos de electrónica analógica*. Universitat de Valencia, 2006. [Online]. Disponible: <https://books.google.com.ec/books?id=p5ZtoUzANF8C&printsec=frontcover>