

## Práctica 8: Reguladores de Voltage

### Objetivo:

Construir y comprobar funcionamiento de circuitos reguladores de voltaje.

### Referencias:

1. Notas y enlaces en página del curso (<http://mate.uprh.edu/~iramos/teel2042.html>).
2. Boylestad R. L. and L. Nashelsky, Electronic Devices and Circuit Theory 10/e, Cap. 15 (2009).

### 1. Introducción

El semestre pasado construimos un regulador de voltaje utilizando un diodo zener y lo integramos a un power supply..

Como recordaran el regulador de voltaje es un circuito que intenta proveer un voltaje constante DC a una carga, independientemente de si el voltaje de entrada está variando, si la carga demanda más corriente, o si hay cambios en temperatura.

Un power supply sin regulación apropiada sufrirá cambios considerables en su voltaje de salida cuando hay cambios en el voltaje de entrada y/o cambios en la corriente demandada por la carga. Podemos cuantificar la efectividad de los reguladores midiendo su *regulación de línea* y *regulación de carga*.

**Regulación de línea:** nos indica cuan efectivo es el regulador para cambios en el voltaje de entrada. Se calcula de la siguiente forma:

$$\text{Regulación de Línea} = \frac{\Delta V_o}{\Delta V_i} \times 100 \quad (1)$$

donde  $V_o$  es el voltaje nominal del Power Supply,  $\Delta V_i$  y  $\Delta V_o$  son el cambio en el voltaje en la entrada y el cambio correspondiente en el voltaje de salida.

**Regulación de carga:** nos indica cuan efectivo es el regulador para cambios en la resistencia de carga (y corriente en la carga). La manera más común de expresar regulación de carga es así:

$$\text{Regulación de Carga} = \frac{V_{NL} - V_{FL}}{V_{FL}} \times 100 \quad (2)$$

donde  $V_{NL}$  es el voltaje de salida del regulador sin carga (o con la resistencia de carga más alta) y  $V_{FL}$  es el voltaje de salida del regulador con carga máxima (es decir, con la resistencia de carga menor para la cual haya sido diseñado)

En este laboratorio compararemos la efectividad de varios reguladores contruídos utilizando distintos componentes: diodo zener, transistor, opamp y circuito integrado.

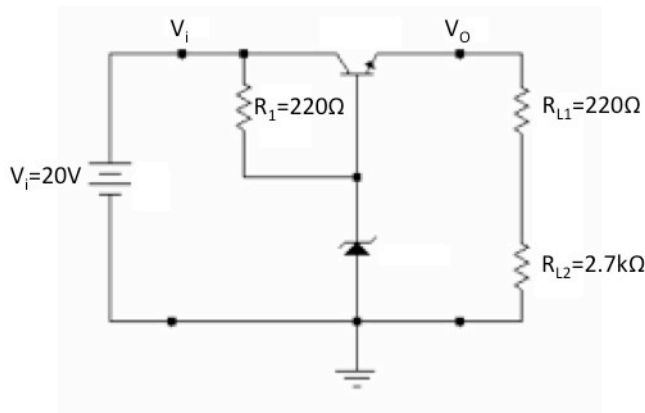


Figura 1: Regulador de Voltaje en Serie

### Regulador en Serie con Transistor

La figura 1 muestra un circuito regulador de voltaje en serie. Se le llama regulador *en serie* pues el elemento regulador (el transistor) está en serie con la carga. El voltaje en la salida estará determinado por:

$$V_{out} = V_Z - V_{BE} \quad (3)$$

donde  $V_Z$  es el voltaje zener del diodo y  $V_{BE}$  es la caída en potencial de base a emisor del BJT.

En el regulador,  $V_Z$  se mantiene (esencialmente) constante. La resistencia  $R$  deja pasar suficiente corriente hacia el zener para que éste se mantenga en su zona de operación. Como recordará, al operar dentro de su zona zener, un diodo zener es capaz de mantener un voltaje casi constante aunque hallan cambios en la corriente. Para mantenerse en zona zener, la corriente a través del diodo nunca debe ser menos que  $I_Z$ . Si el voltaje de entrada cambia o la carga demanda más o menos corriente, el voltaje de salida intentará cambiar pero el regulador lo impedirá.

### Regulador en Serie con OpAmp

La figura 2 muestra un regulador de voltaje tipo serie con amplificador operacional. El voltaje de salida del amplificador operacional es proporcional a la diferencia de voltaje en sus entradas. Cuando el voltaje en la salida intente disminuir, el divisor de voltaje que forman  $R_2$  y  $R_3$  hará que disminuya el voltaje en la entrada invertidora del OpAmp. Eso hará que la diferencia instantánea en los voltajes de entrada al OpAmp sea mayor y así el voltaje del OpAmp aumentará, compensando la disminución en la salida. Cuando el voltaje en la salida disminuya, ocurrirá exactamente lo opuesto. El voltaje en la salida del circuito se puede estimar como:

$$V_o = V_z \left( \frac{R_2 + R_3}{R_3} \right) \quad (4)$$

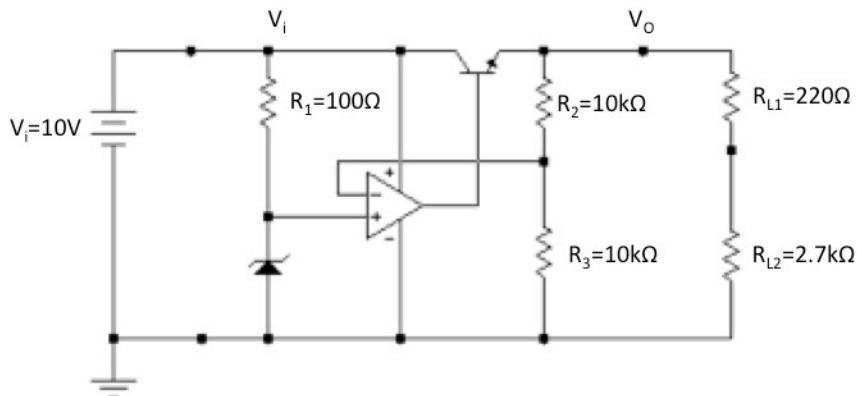


Figura 2: Regulador de Voltaje en Serie con OpAmp

### Regulador con Circuito Integrado

Existe una gran variedad de circuitos integrados reguladores de voltaje. Internamente estos circuitos utilizan técnicas parecidas a las de los reguladores en serie para mantener su voltaje de salida constante aunque haya cambios de  $V_I$  y  $R_L$ . También incluyen limitación de corriente y protección contra sobrecalentamiento para prevenir daños internos al circuito. Un IC regulador de voltaje típico tiene tres terminales: Input, Ground y Output. La figuras 3 muestra una forma de conectar el circuito integrado regulador de voltaje LM7812, diseñado para proveer un voltaje regulado  $V_{REG} = 12\text{ V}$ . Para garantizar una regulación de  $12\text{ V}$ , el voltaje de entrada debe permanecer todo el tiempo sobre  $14\text{ V}$ .

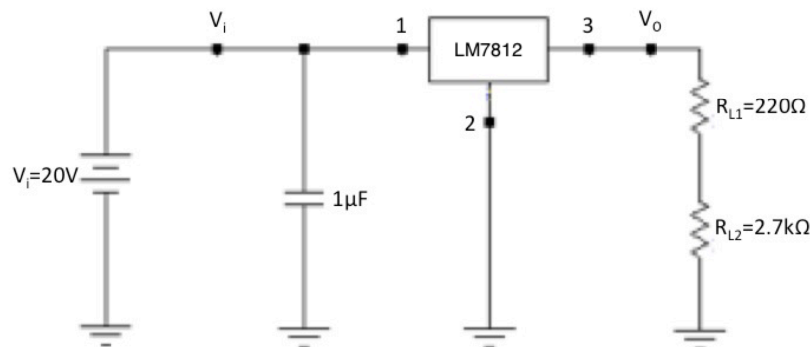


Figura 3: Regulador de Voltaje con LM7812

**Práctica 1: Regulador en Serie**

1. Construya el circuito regulador de voltaje en la figura 1. Utilice un transistor BJT de potencia (TIP29A o equivalente) y un diodo zener de 12 V. Conecte un voltaje de entrada de 18 V dc y mida el voltaje de salida. Compare con el valor esperado.
2. **Efecto de los cambios en  $R_L$ :** Ajuste la resistencia de carga  $R_{L2}$  para cada uno de los valores en la tabla 1 y mida el voltaje de salida correspondiente.
3. Utilizando estas medidas, calcule la regulación de carga y discuta el efecto del cambio de la resistencia de carga en el voltaje de salida.
4. **Efecto de Voltaje de Entrada:** Regrese el valor original de  $R_{L2}$ . Ajuste los voltajes de entrada a los valores en la tabla 2 y mida los voltajes en la tabla.
5. Calcule la regulación de línea y discuta los resultados obtenidos.

**Tabla 1: Efecto de  $R_L$**

$R_{L2}$	$V_o$
0	
2.7 k $\Omega$	
4.7 k $\Omega$	

**Tabla 2: Efecto de  $V_i$**

$V_i$	$V_o$	$V_z$	$V_{BE}$
18 V			
20 V			
22 V			

### Práctica 2: Regulador en Serie con OpAmp

1. Modifique el circuito anterior, añadiendo un Op-Amp (LM741) como muestra la figura 2.
2. Utilice la figura 4 como guía para conectar el LM741.
3. **Efecto de los cambios en  $R_L$ :** Ajuste la resistencia de carga  $R_{L2}$  para cada uno de los valores en la tabla 3 y mida el voltaje de salida correspondiente.
4. Utilizando estas medidas, calcule la regulación de carga. Compare los resultados con los de la práctica 1.

Tabla 3: Efecto de  $R_L$

$R_{L2}$	$V_o$
0	
2.7 k $\Omega$	
4.7 k $\Omega$	

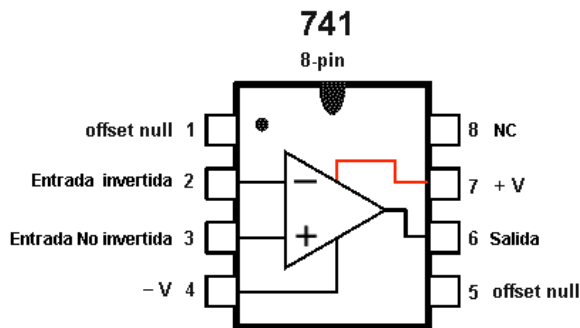


Figura 4: Conexiones LM741



Figura 5: Conexiones LM7812

**Práctica 3: Regulador de voltaje con LM7812**

1. Construya el circuito regulador de voltaje en la figura 3. Utilice la figura 5 como guía para conectar el LM7812.
2. Conecte un voltaje de entrada de 18 V dc y mida el voltaje de salida. Compare con el valor esperado.
3. **Efecto de los cambios en  $R_L$ :** Ajuste la resistencia de carga  $R_{L2}$  para cada uno de los valores en la tabla 4 y mida el voltaje de salida correspondiente.
4. Utilizando estas medidas, calcule la regulación de carga. Compare sus resultados con los esperados y con los de las prácticas 1 y 2.
5. **Efecto de Voltaje de Entrada:** Regrese el valor original de  $R_{L2}$ . Ajuste los voltajes de entrada a los valores en la tabla 5.
6. Calcule la regulación de línea. Discuta los resultados obtenidos y compare con los esperados y los obtenidos en las prácticas 1 y 2.

**Tabla 4: Efecto de  $R_L$**

$R_{L2}$	$V_o$
0	
2.7 k $\Omega$	
4.7 k $\Omega$	

**Tabla 5: Efecto de  $V_I$**

$V_I$	$V_o$
18 V	
20 V	
22 V	