

Aprendiendo a utilizar el zener programable TL431 al paso del estudiante

Alan E. Morandini ¹, Héctor R. Anocibar ²

¹ Estudiante de Ingeniería Electrónica, autor

² Dr. Ing. Electrónico, docente tutor

e-mails: a.morandini95@gmail.com, anocibar@fio.unam.edu.ar

Resumen

El TL431 es un circuito integrado que brinda una referencia programable de precisión, también conocido como “Zener Programable”. Es un componente que aparece en la mayoría de los dispositivos electrónicos, del cual resulta costoso obtener información sobre su correcta polarización e implementación. En el siguiente escrito se presenta un ejemplo de aplicación (regulador de tensión) partiendo desde el diseño y dimensionamiento de componentes hasta la comprobación experimental del circuito, incluyendo la simulación del mismo. La actividad se desarrolla como parte de una actividad fuera de clase, contribuyendo de esta manera al autoaprendizaje por parte del alumno.

Palabras Clave – Regulación de tensión, TL431, Ejemplo de aplicación, Aprendiendo en casa

Introducción

Generalmente en una carrera universitaria, las actividades prácticas propuestas por las distintas asignaturas son llevadas a cabo en horarios curriculares. En este marco, el alumno es provisto de todo el instrumental necesario y además cuenta con el asesoramiento de los docentes, lo que favorece a la realización de la tarea. Pero aun así, el alumno se ve limitado a culminar la actividad dentro de un lapso de tiempo acotado, lo que en ocasiones conduce a pasar por alto ciertos aspectos relevantes de la actividad. Debido a ello, en esta ocasión se propone al alumno el desarrollo de la actividad en la comodidad de su hogar.

A continuación se presenta el diseño de un circuito regulador de tensión con la implementación del TL431, mostrándose los resultados referentes tanto a diseño como a simulación e implementación experimental, destacando las ventajas y deficiencias de la modalidad aplicada. Cabe mencionar que el presente escrito fue desarrollado en el marco de actividades fuera de clases propuesto por la asignatura Electrónica Analógica, correspondiente a cuarto año de la carrera Ingeniería en Electrónica.

1. Metodología

1.1. Tensión regulada en vacío

En un principio se propone ensayar un circuito regulador con TL431 a modo de obtener una tensión de salida de 5 V en vacío. El mismo se muestra en la Fig. 1.

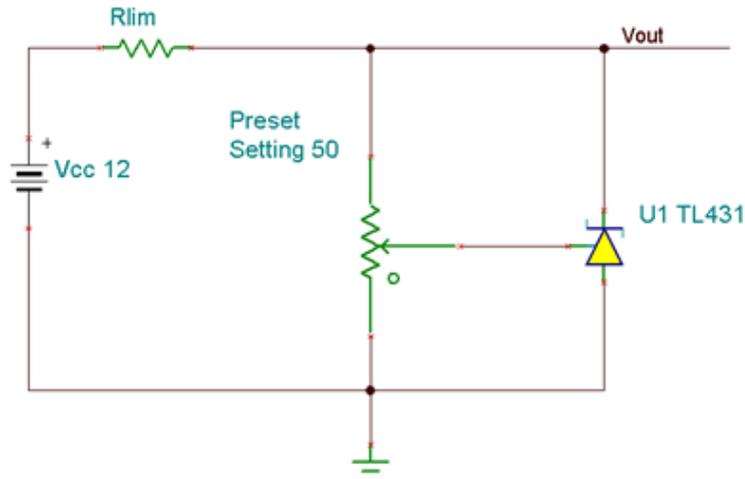


Fig. 1. Esquema del circuito regulador en vacío.

Para ello previamente se relevan de hoja de datos provista por el fabricante “Texas Instruments” las características térmicas del componente [1]. En base a dichas características se calcula la potencia disponible del dispositivo para un caso extremo de temperatura ambiente de 50 °C mediante la ecuación (1).

$$P = \frac{(T_j - T_{amb})}{R_T} \quad (1)$$

Dónde: T_j es la temperatura máxima de junta; T_{amb} es la temperatura ambiente y R_T es la resistencia térmica de junta ambiente.

Reemplazando en la ecuación (1) los valores obtenidos:

$$P = \frac{(150 - 50) \text{ } ^\circ\text{C}}{140 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{W}} = 714 \text{ mW} \quad (2)$$

Teniendo en cuenta la disponibilidad de potencia del TL431 y el objetivo de regular una tensión de 5 V, se calcula la máxima corriente admisible por el dispositivo:

$$I_{m\acute{a}x} = \frac{P}{V_{reg}} = \frac{714 \text{ mW}}{5 \text{ V}} = 143 \text{ mA} \quad (3)$$

A pesar de la corriente calculada, el fabricante recomienda no exceder los 100 mA, por lo tanto se procede a calcular la resistencia limitadora teniendo en cuenta dicha consideración:

$$R_{lim} = \frac{V_{CC} - V_{reg}}{I_{m\acute{a}x}} = \frac{(12 - 5) \text{ V}}{100 \text{ mA}} = 70 \text{ } \Omega \quad (4)$$

La resistencia limitadora no podrá ser menor a 70 Ω . Por cuestiones de disponibilidad, se utiliza un resistor de 120 Ω . A continuación se calcula la potencia de la resistencia limitadora:

$$P_{Rlim} = \left(\frac{V_{CC} - V_{reg}}{R_{lim}} \right)^2 * R_{lim} = \left(\frac{7 V}{120 \Omega} \right)^2 * 120 \Omega = 408 mW \quad (5)$$

Aplicando un factor de seguridad, se selecciona una resistencia limitadora de 120 Ω/1 W. Una vez definida la resistencia limitadora se procede a calcular la relación entre los resistores R1 y R2 a partir de la ecuación (6).

$$V_{reg} = V_{ref} \left(\frac{R2}{R1} + 1 \right) \quad (6)$$

Dónde: V_{reg} es la tensión que se desea regular; V_{ref} es la tensión de referencia provista por el TL431 (2,5 V); R2 es la resistencia entre el cursor del preset y la resistencia limitadora y R1 es la resistencia entre el cursor del preset y GND. Cabe aclarar que R2 y R1 podrían ser resistores fijos, pero con el fin de facilitar la calibración de la relación entre ambos se implementa un preset.

$$\frac{R2}{R1} = \frac{V_{reg}}{V_{ref}} - 1 = \frac{5 V}{2,5 V} - 1 = 1 \quad (7)$$

$$R2 = R1 \quad (8)$$

Por lo tanto el preset debe estar calibrado en 50 %. Previamente a la implementación experimental se simula el circuito con el software “TINA-TI” cuyos resultados se muestran en la Fig. 2.

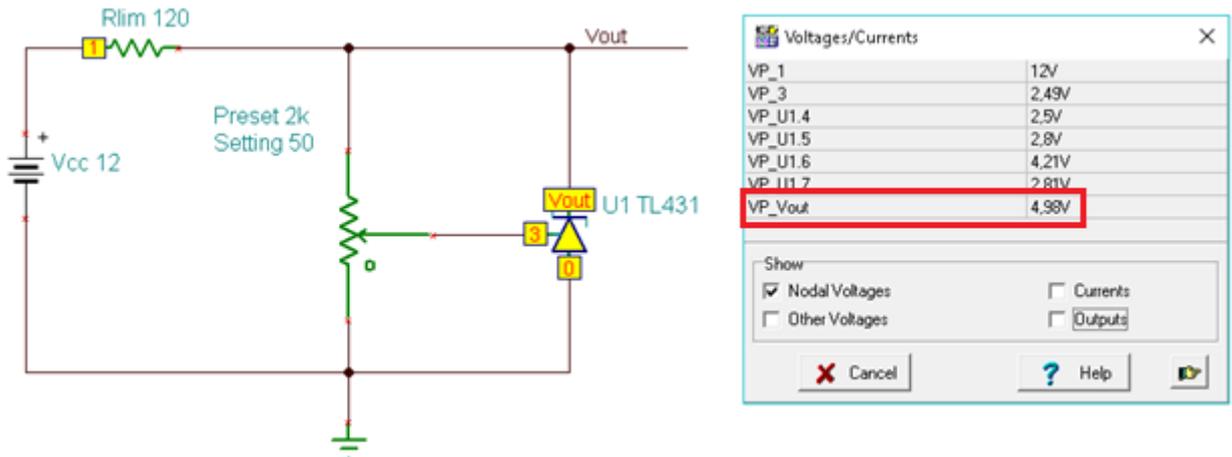


Fig. 2. Resultado simulación circuito regulador en vacío.

Se puede apreciar que la tensión regulada obtenida es de 4,98 V, prácticamente coincidente con la tensión requerida por diseño. Una vez concluida la etapa de diseño y simulación se implementa el circuito en protoboard y se calibra el preset de manera de obtener una tensión regulada de 5 V. En la Fig. 3 se puede observar la medición de tensión.

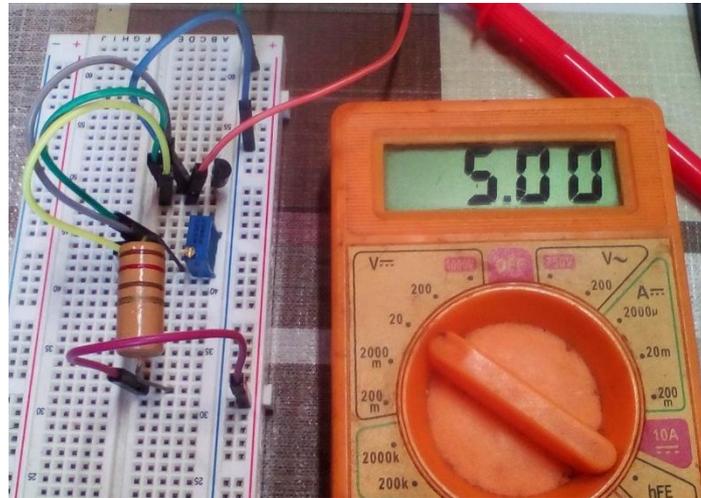


Fig. 3. Implementación del circuito regulador en vacío.

Al implementar el circuito, se comprueban experimentalmente los resultados de diseño y simulación, quedando en evidencia el correcto funcionamiento del circuito regulador.

1.2. Tensión regulada con carga

Se ensaya el circuito regulador analizado anteriormente pero con la adición de una carga de aproximadamente 40 mA conformada por dos leds. Para ello se debió calcular nuevamente la resistencia limitadora, considerando una corriente de polarización del TL431 de 1 mA y una corriente que circularía por el preset de 2 kΩ de 2,5 mA.

$$I_{total} = I_{carga} + I_{preset} + I_{TL431} \quad (9)$$

$$I_{total} = (40 + 2,5 + 1) \text{ mA} = 43,5 \text{ mA} \quad (10)$$

Entonces, la resistencia limitadora está dada por:

$$R_{lim} = \frac{V_{CC} - V_{reg}}{I_{total}} = \frac{(12 - 5) \text{ V}}{43,5 \text{ mA}} = 161 \Omega \quad (11)$$

Para el ensayo se adopta un resistor de 150 Ω cuya potencia se calcula a continuación:

$$P_{Rlim} = \left(\frac{V_{CC} - V_{reg}}{R_{lim}} \right)^2 * R_{lim} = \left(\frac{(12 - 5) \text{ V}}{150 \Omega} \right)^2 * 150 \Omega = 327 \text{ mW} \quad (12)$$

El resistor utilizado es de 150 Ω / ¼ W. Luego, se procede a la simulación del circuito (Fig. 4) en donde se observa que las corrientes en cada rama se aproximan a las calculadas.

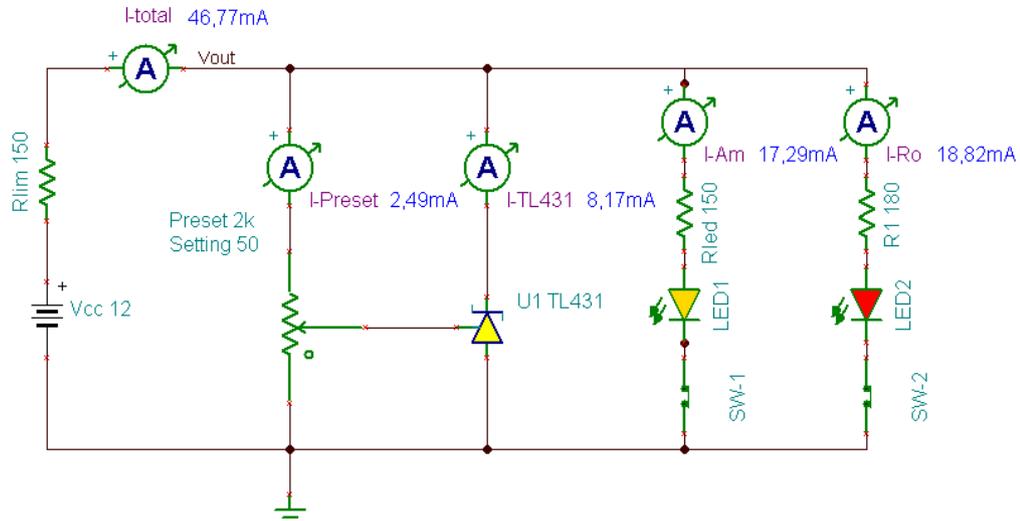


Fig. 4. Simulación del circuito regulador con carga.

El circuito propuesto se implementa en protoboard a modo de comprobar experimentalmente los resultados y se registra la tensión regulada obtenida. En la Fig. 5 se muestra dicho montaje.

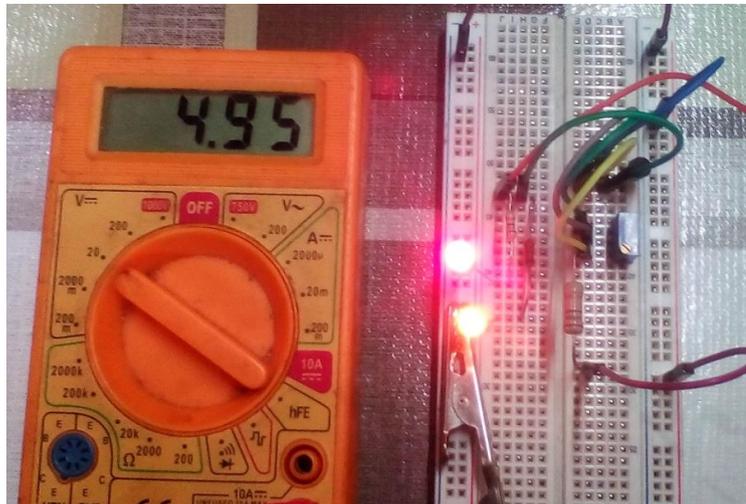


Fig. 5. Implementación circuito regulador con carga.

La tensión de salida medida fue de 4,95 V notándose una caída de tan solo 1% con respecto a la tensión en vacío. Esto indica la robustez del circuito al incrementarse la carga.

1.3. Respuesta del circuito ante variaciones de carga.

Esta actividad consiste en analizar la respuesta del circuito ante variaciones en la carga y para ello se consideran tres estados de carga distintos: vacío, con led amarillo y con led rojo. Previamente se realiza la simulación del circuito para los estados de carga mencionados.

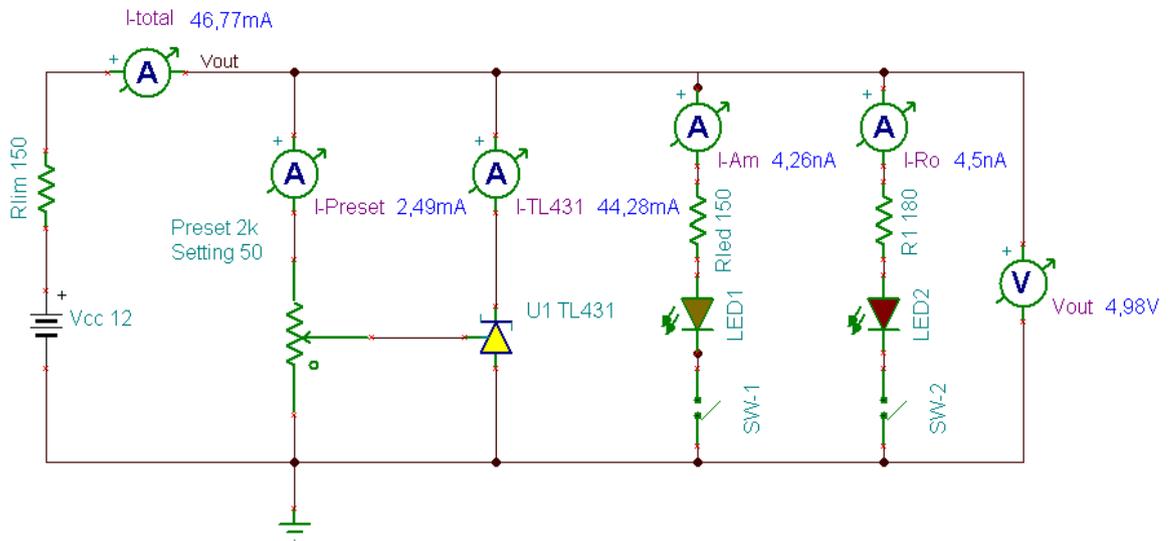


Fig. 6. Simulación en vacío.

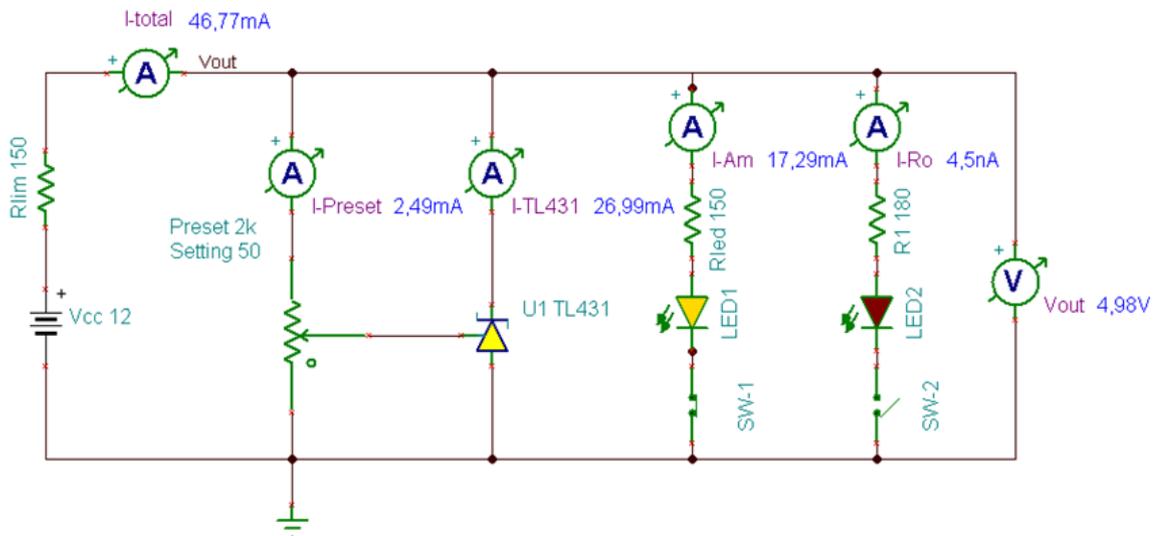


Fig. 7. Simulación con led amarillo.

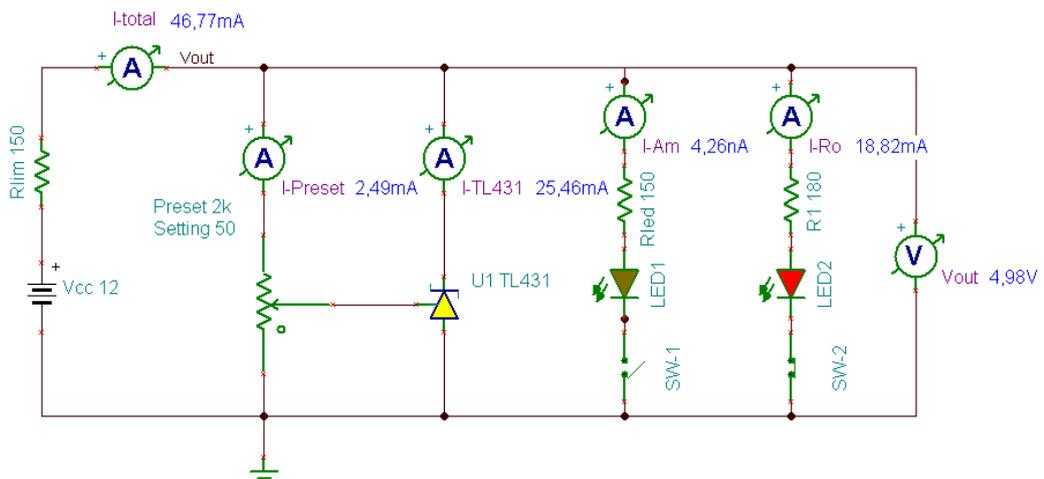


Fig. 8. Simulación con led rojo.

Para comprobar los resultados de simulación se implementa el circuito en protoboard y se mide la tensión en los resistores para luego obtener por cálculo la corriente por cada rama. Para obtener un valor más preciso de las corrientes, se miden los valores reales de los resistores implementados en el circuito. Las mediciones se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Valores reales de resistores

Medición de resistencias	
Resistor	Resistencia (Ω)
R2	1039
R1	1037
Rlim	152,7
Ramarillo	151,8
Rrojo	179,5

Una vez realizadas las mediciones de resistencias se miden las tensiones para los distintos estados de carga y en base a ello se calculan las respectivas corrientes. Dichas mediciones y cálculos se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Mediciones de tensión y corrientes calculadas

	Estados de carga		
	Sin carga	Con led amarillo	Con led rojo
V-R1 (V)	2,51	2,5	2,5
V-R2 (V)	2,5	2,5	2,5
V-Rlim (V)	6,92	6,95	6,95
V-Rrojo (V)	-	-	2,9
V-Rama (V)	-	3,03	-
V-out (V)	5,01	4,99	4,99
I-ama (A)	0	0,020	0
I-rojo (A)	0	0	0,016
I-total (A)	0,045	0,046	0,046
I-preset (A)	0,002	0,002	0,002
I-TL431 (A)	0,043	0,023	0,027

Los resultados experimentales se conciden con las simulaciones realizadas teniendo en cuenta las discrepancias en los valores reales de los resistores.

2. Análisis de resultados

Analizando los resultados obtenidos en las distintas experiencias, se observa que el circuito regulador de tensión con TL431 resulta ser muy robusto ante variaciones en la condición de carga. En ninguno de los casos la tensión de salida regulada se vio afectada de manera significativa, siendo dicha variación de 1 % en el peor caso.

Al disminuir la carga se observa que la tensión de salida se mantiene constante como así también la corriente total, circulando el excedente de corriente a través del TL431. Por tal motivo es fundamental el correcto dimensionamiento de la resistencia limitadora, ya que en caso de retirarse la carga se quemaría el dispositivo.

Por otra parte, si se requiere regular tensiones próximas a la tensión de la fuente de alimentación, probablemente toda la corriente circularía por el preset siendo mínima la corriente por el TL431. Esto provocaría que dicha corriente no sea la suficiente para polarizar al TL431, no pudiéndose concretar la correcta regulación de tensión.

3. Conclusiones

En base a los resultados obtenidos es posible afirmar que el circuito ensayado resulta ser sencillo, económico y fácil de implementar, conservando su eficiencia y buenas prestaciones.

Por otra parte, cabe destacar que la modalidad de actividad fuera de clase contribuye favorablemente a la adquisición de conocimientos por parte del alumno, ya que brinda la posibilidad de administrar los tiempos de realización y de esta manera poder complementar correctamente los aspectos teóricos de la asignatura.

Si bien aparece la limitación en cuanto a instrumental y disponibilidad de asesoramiento docente, esta situación incentiva al alumno a investigar por cuenta propia para poder solventar las incertidumbres que se presentan en el momento. Además de ello, se ejercita la creatividad y el ingenio de cada uno para resolver cierta problemática, sacándole el máximo provecho al material e instrumentos que disponen.

Agradecimientos

Se agradece especialmente al equipo docente de la asignatura Electrónica Analógica de la carrera Ingeniería en Electrónica de la Facultad de Ingeniería Oberá por el apoyo y asesoramiento brindado para llevar a cabo el presente trabajo.

Referencias

- [1] Texas Instruments, TL431 Precision Programmable Reference Data Sheet, August 2004.