

Selector Limitador de Voltaje con Análisis de Cargas

Voltage Limiting Selector with Load Analysis

VILLALVAZO, Efraín†, GONZÁLEZ, Juan, YEPEZ, Israel y MAYORQUÍN, Jesús

Universidad de Colima

ID 1° Autor: *Efrain Villavazo*/ORCID: 0000-0002-5939-7503, **Researcher ID Thomson:** H-9391-2018

ID 1° Coautor: *Juan González*/ORCID: 0000-0002-1795-3903, **Researcher ID Thomson:** H-9405-2018, **arXiv ID:** jgonzalez71

ID 2° Coautor: *Israel Yopez*/ORCID: 0000-0002-1707-9320, **Researcher ID Thomson:** G-2486-2018

ID 3° Coautor: *Jesus Mayoiquion*/ORCID: 0000-0002-3438-2098, **Researcher ID Thomson:** H-4071-2018, **CVU CONACYT-ID:** 471236

Recibido: 20 de Diciembre, 2017; Aceptado 22 de Febrero, 2018

Resumen

Selector limitador de voltaje con análisis de cargas, en éste trabajo se presenta un estudio detallado de dos selectores limitadores de voltaje diseñados con electrónica discreta, con la determinación de sus circuitos equivalentes y sus cálculos respectivos para lograr una limitación de voltaje de 0 a 5 volts en cada uno de los circuitos, estos están planteados para manejarse exclusivamente para baja potencia; además se propone una forma analítica y práctica para determinar el voltaje de salida, dependiendo del tipo de carga que se maneje el en circuito. Por otra parte, se muestra el análisis detallado de la función que tiene cada uno de los diodos para lograr la selección y la limitación del voltaje de salida. También se muestran los resultados obtenidos, en primer lugar, con el software de simulación ISIS Proteus y posteriormente se comparan las mediciones obtenidas con circuitos construidos con el CI TL084 y diodos rectificadores, empleando resistencias con una tolerancia del cinco por ciento. Por último, se menciona el trabajo futuro para el desarrollo del circuito en potencia media.

Limitador, Selector, Baja Potencia

Abstract

Voltage limiting selector with load analysis, in this paper a detailed study of two voltage limit selectors designed with discrete electronics is presented, with the determination of their equivalent circuits and their respective calculations to achieve a voltage limitation of 0 to 5 volts in each of the circuits, these are designed to be used exclusively for low power; In addition, an analytical and practical way to determine the output voltage is proposed, depending on the type of load handled in the circuit. On the other hand, the detailed analysis of the function that each one of the diodes has to achieve the selection and limitation of the output voltage is shown. The results obtained are also shown, first, with the ISIS Proteus simulation software and then the measurements obtained are compared with circuits built with the TL084 IC and rectifier diodes, using resistances with a tolerance of five percent. Finally, the future work for the development of the circuit in medium power is mentioned.

Selector, limiter, Low Power

Citación: VILLALVAZO, Efraín, GONZÁLEZ, Juan, YEPEZ, Israel y MAYORQUÍN, Jesús. Selector Limitador de Voltaje con Análisis de Cargas. Revista de Tecnología e Innovación 2018, 5-14: 20-24

†Investigador contribuyendo como primerAutor.

Introducción

Lo primordial que se deben considerar al realizar circuitos con amplificadores operacionales son sus características ideales como: la alta impedancia de entrada, baja impedancia de salida, alto factor de rechazo de modo común, ganancia infinita, voltaje diferencial igual a cero y ancho de banda infinito. Lo fundamental que se debe de considerar en el diseño de los limitadores de voltaje es el cálculo de la ganancia del amplificador inversor, puesto que fue seleccionado como el primer paso para el análisis del diseño. Considere el circuito del amplificador inversor en el modelo PS que se muestra en la siguiente Figura 1.

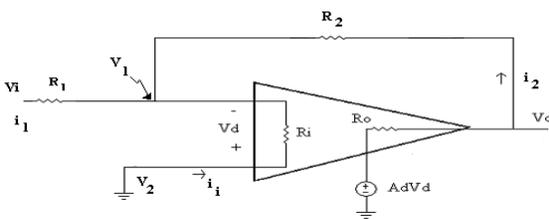


Figura 1 Amplificador inversor con el modelo PS

En primer término, se obtiene la corriente de entrada:

$$i_i = \frac{V_d}{R_i} \tag{1}$$

En donde V_d se denota como el voltaje diferencial del operacional, R_i es la impedancia de entrada e i_i es la corriente de entrada de ambos del operacional.

Por otra parte, se determina la corriente en la resistencia de entrada como:

$$i_i = \frac{V_i - V_1}{R_1}, \tag{2}$$

Donde i_i se define como la corriente en la resistencia de entrada, R_1 es la resistencia de entrada, V_1 es el voltaje en la terminal inversora y V_i es el voltaje de entrada. La corriente de retroalimentación está dada por:

$$i_2 = \frac{V_o - V_1}{R_2}, \tag{3}$$

En que V_o es el voltaje de salida i_2 es la corriente y R_2 es la resistencia, ambos de retroalimentación. También, el voltaje diferencial V_d , se define como:

$$V_d = V_2 - V_1, \tag{4}$$

Donde V_2 es el voltaje en la terminal no inversora. En la Figura 1 se observa que $V_2 = 0$ y debido a las características ideales del amplificador operacional $V_d = 0$, entonces $V_1 = 0$. Por lo cual sí, se sustituyen estos valores en las ecuaciones (1), (2) y (3) se tiene que $i_i = 0$, $i_i = \frac{V_1}{R_1}$ y $i_2 = \frac{V_o}{R_2}$. Como se puede observar i_i e i_2 son de igual magnitud y con sentido opuesto, por lo que:

$$\frac{V_1}{R_1} = -\frac{V_o}{R_2}. \tag{5}$$

Y con esto es posible calcular el voltaje de salida del amplificador inversor [1, 4, 5,7 y 8]

$$V_o = -\frac{V_i R_2}{R_1}. \tag{6}$$

Esta ecuación es la base para el análisis posterior.

Descripción general del circuito

En la figura 2 se visualiza el circuito completo a bloques del limitador selector de voltaje.

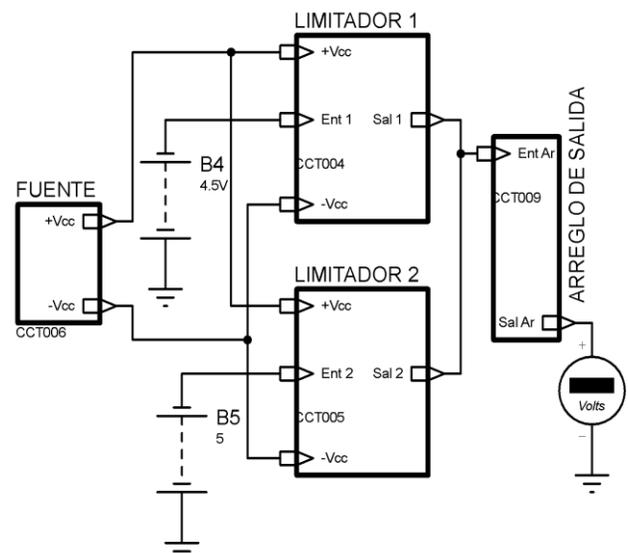


Figura 2 Diagrama a bloques limitador selector de voltaje.

Este diagrama está compuesto del bloque con el nombre de FUENTE; el cual contiene internamente un arreglo de fuentes de voltaje que se emplean en la alimentación de los elementos internos de todos los elementos del diagrama. Además; se encuentran un par de bloques nombrados LIMITADOR 1 y LIMITADOR 2, que en conjunto tienen la función de limitar y seleccionar el voltaje de entrada para colocarlo en la salida. Por último, se tiene el ARREGLO DE SALIDA, cuya función consiste en determinar los límites de voltaje de salida en conjunto con los dos bloques anteriores.

Análisis del bloque LIMITADOR 1

La figura 3 se muestra el diagrama interno del bloque LIMITADOR 1.

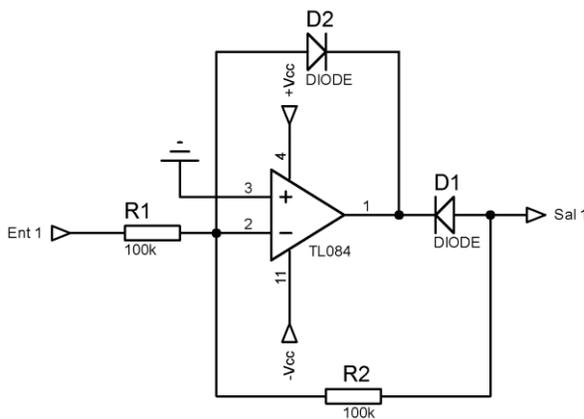


Figura 3 Diagrama interno del LIMITADOR 1

En primer lugar, se se considera un voltaje positivo en la terminal **Ent 1**, está acción provocará aparentemente la polarización directa de ambos diodos **D1** y **D2**; sin embargo, debido a que el diodo **D2** no tiene resistencia en serie con él, es el diodo que se polariza directamente y el otro queda polarizado inversamente. En consecuencia, el circuito para el análisis es el que se muestra en la figura 4.

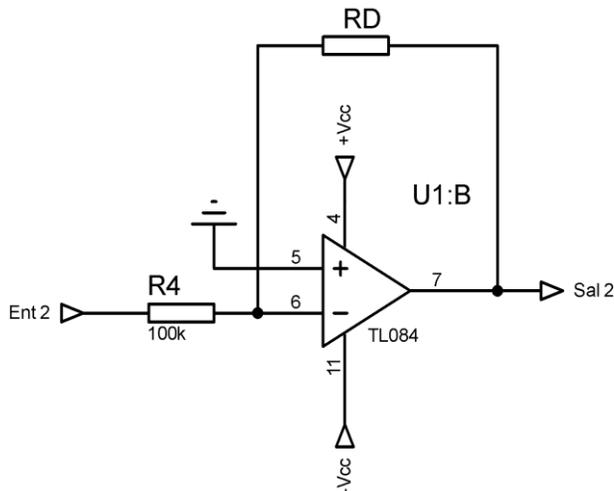


Figura 4 Circuito equivalente con voltaje positivo.

Convirtiéndose en un amplificador inversor de voltaje con resistencia de retroalimentación **RD** y **R1** de entrada; debido a que **RD** comparada con **R1** es muy pequeña la salida de voltaje según la ecuación 6 es semejante a cero, sin importar el voltaje de salida en el rango de 0 a 5V. Ahora se realizará el análisis para el caso que el voltaje de entrada es negativo; en esta situación ambos diodos **D2** y **D1**, debido al voltaje de entrada estarían polarizados inversamente; no obstante, el diodo **D1**, debido al voltaje del arreglo de salida tiene un voltaje que polariza a este diodo **D1**, como se observa en el circuito interno del **ARREGLO DE SALIDA** en la figura 5, el divisor de voltaje entrega 5V para polarizar directamente a este diodo.

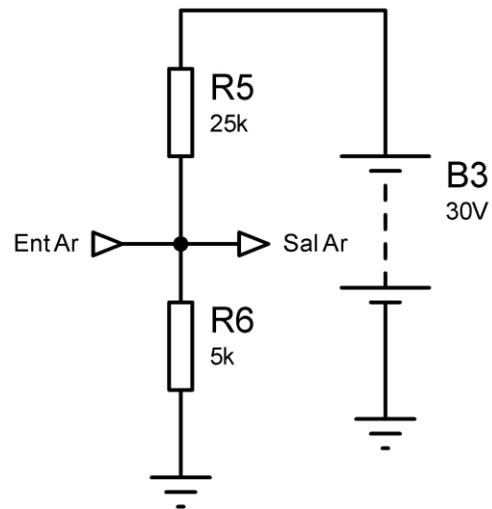


Figura 5 Diagrama interno del arreglo de salida

Quedando en el circuito equivalente como se muestra en la figura 6.

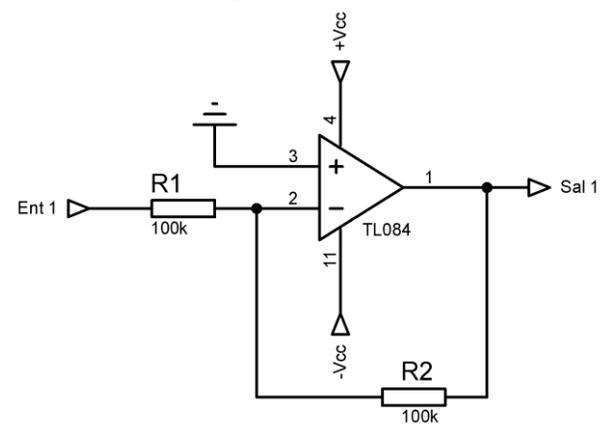


Figura 6 Circuito equivalente con voltaje negativo

Uniendo los circuitos internos del LIMITADOR 1 y el ARREGLO DE SALIDA, el voltaje se calcula a través de la ecuación número 7.

$$V_{Sal1} = -V_{Ent1} \frac{R2}{R1} \tag{7}$$

Para todos los casos que el voltaje de V_{Ent1} sea menor de 5V; para todos los voltajes que sea V_{Ent1} mayor o igual a 5V el circuito equivalente es como se observa en la figura 7.

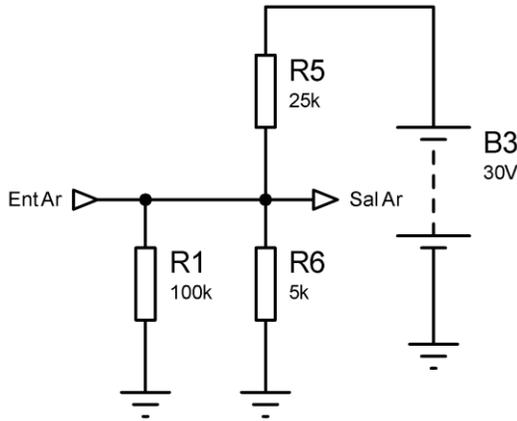


Figura 7 Circuito equivalente con $V_{Ent1} > 5V$

Todo el análisis se realizó solo para el **LIMITADOR 1**; sin embargo, el mismo desarrollo se utiliza para el **LIMITADOR 2**, solo que, al unir los dos circuitos, el voltaje de salida será el mayor de los dos voltajes de entrada. Agregando una carga el circuito total quedaría como se tiene en la figura 8. El cálculo respectivo se obtiene con la ecuación 8.

$$V_{SalAr} = \frac{30v \left[\frac{1}{\frac{1}{R1} + \frac{1}{R6}} \right]}{R5 + \left[\frac{1}{\frac{1}{R1} + \frac{1}{R6}} \right]} \quad (8)$$

También se debe de tomar en consideración que al conectarle una carga, el circuito equivalente para voltajes mayores de 5V cambia como se observa en la figura 8 y el voltaje respondería según la ecuación 9.

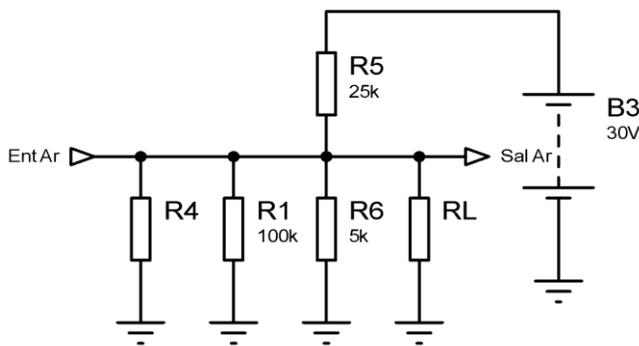


Figura 8 Circuito equivalente total con $V_{Ent1} > 5V$ y carga resistiva.

$$V_{SalAr} = \frac{30v \left[\frac{1}{\frac{1}{R1} + \frac{1}{R6} + \frac{1}{R4} + \frac{1}{RL}} \right]}{R5 + \left[\frac{1}{\frac{1}{R1} + \frac{1}{R6} + \frac{1}{R4} + \frac{1}{RL}} \right]} \quad (9)$$

Presentación de resultados

Los resultados prácticos con carga de R_L de 100kΩ, 220kΩ y 360kΩ se pueden visualizar en la tabla 1; en los cuales, los primeros valores menores a cinco volts obedecen a la fórmula del amplificador inversor con ganancia unitaria y los valores de voltaje mayores a cinco volts se pueden determinar teóricamente por medio de la ecuación 9. Otra cosa que se puede observar en los datos presentados en la tabla 1, es que mientras mayor es la carga, más estable es el voltaje en la salida del circuito y mientras menor es la carga se afecta un poco el voltaje de salida; por lo tanto, se deduce que este circuito se recomienda para cargas medianas y altas; puesto que para cargas pequeñas se disminuiría su eficiencia.

V_{Ent1}	V_{Ent2}	V_{SalAr} Sin carga	V_{SalAr} $R_L=10$ 0kΩ	V_{SalAr} $R_L=22$ 0kΩ	V_{SalAr} $R_L=36$ 0kΩ
0.5	1	389.7mV	0.623V	0.622V	0.622V
1.5	2	1.52V	1.525V	1.524V	1.524V
2.5	3	2.568V	2.566V	2.566V	2.564V
3.5	4	3.592V	3.591V	3.591V	3.591V
4.5	5	4.61V	4.47V	4.56V	4.60V
5.5	6	4.61V	4.43V	4.52V	4.56V
6.5	7	4.57V	4.39V	4.49V	4.52V
7.5	8	4.52V	4.35V	4.44V	4.47V
8.5	9	4.48V	4.31V	4.40V	4.43V
9.5	10	4.44V	4.27V	4.36V	4.39V
10	10.5	4.42V	4.25V	4.34V	4.37V

Tabla 1 Pruebas con diferentes tipos de cargas

Agradecimientos

A la Universidad de Colima, Universidad Tecnológica y Tecnológico de Nogales por todo el apoyo brindado para la elaboración de este trabajo de investigación entre pares académicos.

Conclusiones

- El limitador es muy confiable para la protección de elementos finales de control en los procesos industriales reales.
- Puede manejarse en un rango estandarizado para variables de voltaje de 1 a 5 volts, puesto que funciona perfectamente de 0 a 5 volts.
- Es excelente para cargas medias y altas.
- Los resultados prácticos son casi idénticos a los resultados teóricos.
- Es estable con la temperatura; debido a que los amplificadores operacionales que se emplearon internamente son tipo FET (transistor de efecto de campo).

- Tiene un área de oportunidad circuitos de potencia y el manejo de bajas cargas.

Referencias

- Bolton, W. (2012). *Mecatrónica*. México:Alfaomega.
- Boylestad, R. L. (2009). *Electrónica: Teoría de circuitos y dispositivos electrónicos*. México: Pearson.
- Caballero, H. (2006). *Simulación y electrónica analógica, prácticas y problemas*. México: RA-MA.
- Coughlin, R. F. (2010). *Circuitos integrados lineales y amplificadores operacionales*. México: Prentice-Hall.
- Guerra, J. P. (2012). *Electrónica analógica para ingenieros*. México: McGrawHill.
- Malvino, A. P. (2007). *Principios de electrónica*. México: McGrawHill.
- Marino, J. J. (2012). *Problemas resueltos de electrónica analógica*. México: ECU.
- Rico, R. P. (2007). *Electrónica analógica integrada*. México: Marcombo.