

Actividades fuera de clase orientadas al aprendizaje de circuitos con comparadores

Vogel et al

e-mail: facundovog@gmail.com

Resumen

La importancia de poder comprender lo que se dicta en clases es vital cuando se es alumno. Los conceptos dados muchas veces se suelen dispersar por tanta carga horaria. Es por eso que surge la idea de guías fuera de clase, las cuales ayuden a reforzar conceptos que posiblemente en clase puedan pasar desapercibidos. En este caso, conceptos acerca de circuitos comparadores, los cuales son circuitos no lineales que, sirven para comparar dos señales y determinar cuál de ellas es mayor o menor.

Palabras Clave – Amplificador operacional, Comparador, Detector de ventana, Simulación

1. Introducción

Los comparadores son circuitos integrados que comparan valores de tensión de sus entradas y, dependiendo de dicha comparación nos arrojan valores de tensión a su salida. A fin de poder comprender aún más estos circuitos es de donde surge esta guía, la cual cuenta con una parte práctica, fuera de clase, y una parte teórica y de análisis.

A continuación, se detallan los desarrollos realizados de estas actividades, propuestas por los docentes de la cátedra Electrónica Analógica, de la Facultad de Ingeniería de la UNAM. Dichas actividades fueron realizadas fuera del horario de clase y constituyeron uno de varios trabajos con la misma metodología.

2. Desarrollo

La guía desarrollada cuenta con cinco actividades. Las consignas y desarrollos se detallan a continuación.

2.1 Actividad 1:

La actividad consta de investigar sobre comparadores, que diferencia tienen contra los amplificadores operacionales. Lo que se investigó es lo siguiente:

Los comparadores tienen una estructura similar a los amplificadores operacionales, excepto que utiliza unas técnicas circuitales especiales que mejoran la velocidad y facilitan la interface de salida para hacerlo compatible con otros circuitos.

Un parámetro importante de un comparador es su respuesta temporal definida como el tiempo necesario en alcanzar el 50% del nivel de salida cuando se aplica un escalón a la entrada. Los comparadores típicos tienen tiempos que varían entre 50 y 200 ns.

La serie 311 de *National Semiconductor* es una de las familias más populares en comparadores integrados. Puede operar con tensiones duales de ± 15 V o con tensión simple de +5 V y la salida es en colector abierto (open-colector) con tensiones de alimentación independientes para seleccionar los niveles de tensión de salida.

Posee además un circuito de protección que limita la intensidad máxima de salida a 50mA. Las correcciones de offset se pueden realizar mediante un potenciómetro variable conectado a las entradas 5 y 6, similar a la técnica utilizada en amplificadores operacionales.

Por otro lado, se simuló en el *software Pspice* el circuito de la figura 1 para comparar un amplificador operacional y un comparador.

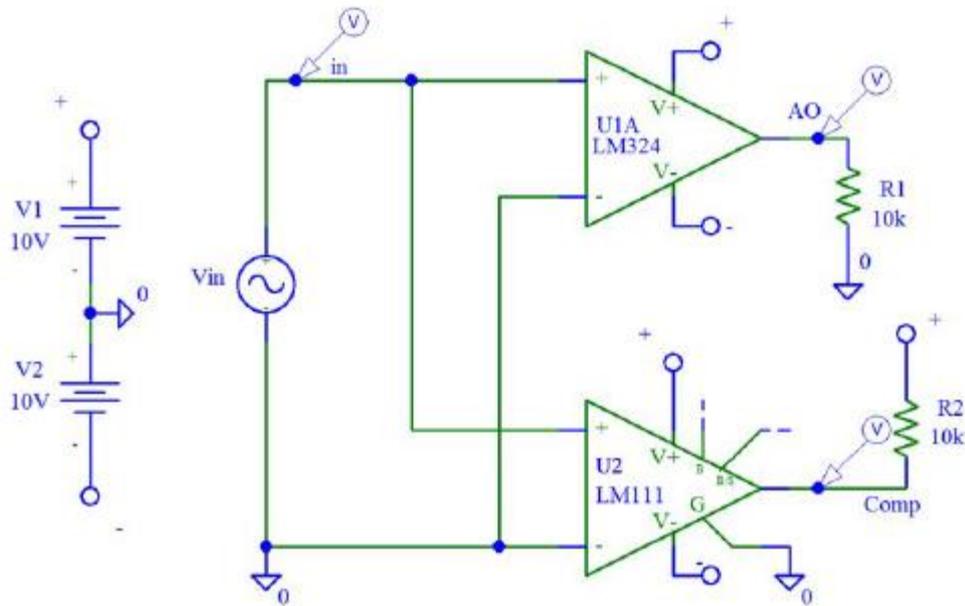


Figura 1 – Circuito implementado para comparar un amplificador operacional con un comparador

La respuesta obtenida en la simulación se muestra en la figura 2.

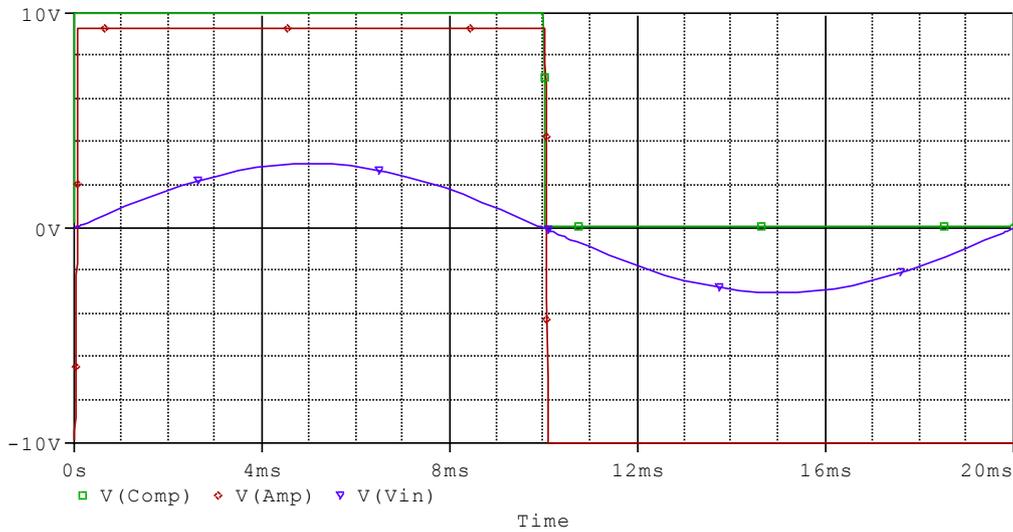


Figura 2 - Simulación de comparador y amplificador

2.2 Actividad 2:

Para esta actividad se implementó el circuito de la figura 3:

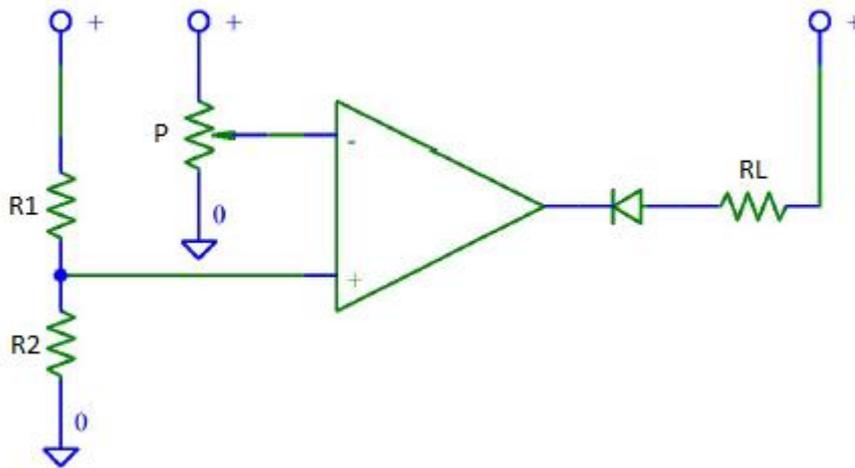


Figura 3 – Circuito comparador simple

El circuito realiza comparaciones de una tensión fija, la de la rama R1 y R2, con una tensión que variamos con un *preset* P.

A criterio, se tomó que en la entrada no inversora tengamos la mitad de la tensión de alimentación, es decir 6 V. Con esto calculamos el divisor resistivo:

$$V_+ = V_{CC} * \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Tomamos $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$ y despejamos R_2 :

$$R_2 = \frac{V_+ * R_1}{V_{CC} * \left(1 - \frac{V_+}{V_{CC}}\right)} = \frac{6 V * 10 k\Omega}{12 V * \left(1 - \frac{6 V}{12 V}\right)} = 10 k\Omega$$

Para el *presel* tomamos un valor de 10 kΩ con el cual contábamos.

La resistencia limitadora del LED, tomando una corriente de 7 mA, calculamos como:

$$R_L = \frac{12 V - 2V}{7 mA} = 1428,57 \Omega$$

Adoptamos:

$$R_L = 1,5 k\Omega$$

Al implementar el circuito en una *protoboard* se observa que, si el valor de tensión de la entrada inversora es mayor que el valor de la entrada no inversora, a la salida se obtienen 0 V lo que causa que se encienda el LED. En caso contrario tendremos la tensión de alimentación y el LED no se enciende.

Al invertir las entradas, obtenemos el efecto contrario.

2.3 Actividad 3:

Para esta actividad se implementó el circuito de la figura 3:

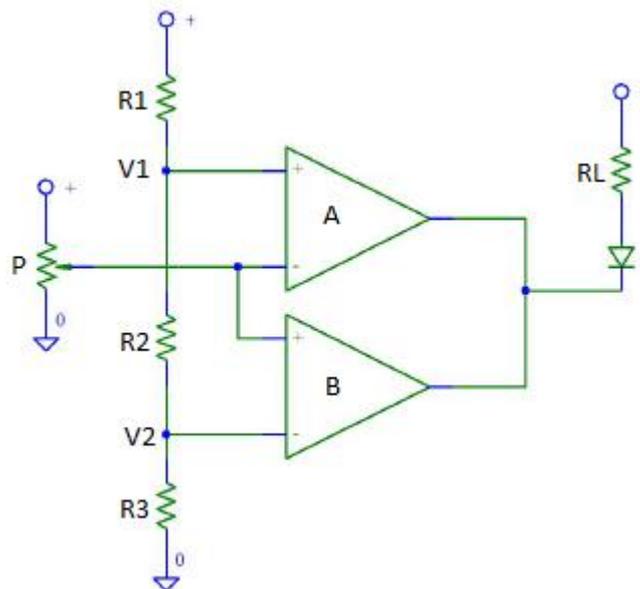


Figura 4 - circuito comparador de ventana

La tensión de alimentación es 12 V. Por criterio arbitrario, tomamos $V1 = 8 V$ y $V2 = 4 V$ y una corriente de 2,5 mA la cual es 10 veces más grande que la corriente que maneja la entrada del comparador.

Calculamos las resistencias:

$$R_1 = \frac{12 V - 8 V}{2,5 mA} = 1,6 k\Omega$$

Adoptamos:

$$R_1 = 1,5 k\Omega$$

$$R_2 = \frac{8 V - 4 V}{2,5 mA} = 1,6 k\Omega$$

Adoptamos:

$$R_2 = 1,5 k\Omega$$

$$R_3 = \frac{4 V}{2,5 mA} = 1,6 k\Omega$$

Adoptamos:

$$R_3 = 1,5 k\Omega$$

Tomamos RL= 1,5 kΩ igual que en el caso anterior y el *preset* de 10 kΩ.

La tabla de verdad es la siguiente:

Vin	A	B	LED
>8V	0V	Vcc	Encendido
<8V y >4V	Vcc	Vcc	Apagado
<4V	Vcc	0V	Encendido

Tabla 1 – Tabla de verdad del comparador de ventana

Al implementar el circuito en *protoboard* vemos que se cumple la tabla de verdad. Intercambiando las entradas tenemos la siguiente tabla de verdad:

Vin	A	B	LED
>8V	Vcc	0V	Encendido
<8V y >4V	0V	0V	Encendido
<4V	0V	Vcc	Encendido

Tabla 2 – Tabla de verdad del comparador de ventana invertido

Nuevamente, al implementar el circuito en *protoboard* vemos que se cumple la tabla de verdad.

2.4 Actividad 4:

Esta actividad consta de implementar el circuito de la figura 5 y explicar cómo funciona. Se reemplazó VR1 por un resistor fijo más un *preset* para evitar circulación de corriente excesiva cuando el reóstato esté al mínimo y haya mucha luz.

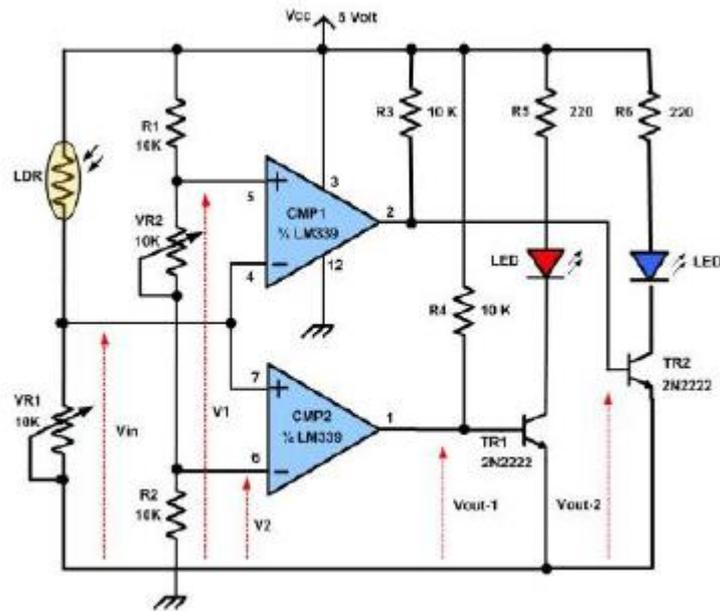


Figura 5 - Comparador de ventana en la detección de luz

El circuito funciona de la siguiente manera: Cuando la luz no incide sobre el LDR (*light - dependent resistor* o resistor dependiente de la luz) este presenta una resistencia lo cual hace que la tensión que se inyecta en los comparadores sea cercana a 0 V o lo que es equivalente a un “bajo”, lo cual hace que a la salida del comparador 1 se obtenga Vcc y se corte el transistor, encendiendo el LED azul, para el comparador 2 ocurre lo opuesto.

Por otro lado, al incidirse luz sobre el LDR, este baja su resistencia y se inyecta un potencial prácticamente del valor de Vcc o lo que es equivalente a un “alto”, esto hace que a la salida del comparador 1 se detecte 0 V y el LED azul se apague, caso contrario con el LED rojo que esta vez se enciende.

Se presentan las mismas consideraciones del caso anterior, es decir que R1, VR2 y R3 valen 20 kΩ. Para los transistores tomamos un beta de 40 para asegurar la saturación. Si por los LEDs circulan 10 mA:

$$I_B = \frac{10 \text{ mA}}{40} = 0,25 \text{ mA}$$

Es decir:

$$R_3 = R_4 = \frac{12 \text{ V} - 0,7 \text{ V}}{0,25 \text{ mA}} = 45,2 \text{ k}\Omega$$

Tomamos 39 kΩ.

Al implementar el circuito observamos que los efectos descritos anteriormente se cumplen.

2.5 Actividad 5:

Esta actividad consta de implementar el circuito de la figura 6 y explicar cómo funciona.

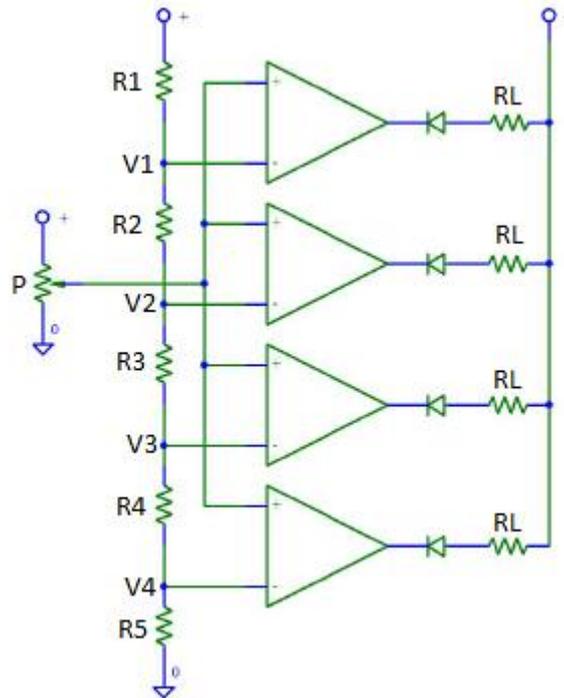


Figura 6-Detector de nivel múltiple

El circuito funciona de la siguiente manera:

Si la tensión que se inyecta en las entradas no inversoras de los comparadores es menor que la referencia más baja, todos los LED se encienden, debido a que las salidas de los comparadores son 0 V. A medida que la tensión aumenta se van apagando los LED de abajo hacia arriba.

Al invertir las entradas ocurre el fenómeno opuesto.

Tomamos $V_1 = 10 \text{ V}$, $V_2 = 8 \text{ V}$, $V_3 = 6 \text{ V}$ y $V_4 = 4 \text{ V}$.

Calculamos las resistencias:

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = \frac{2 \text{ V}}{0,2 \text{ mA}} = 10 \text{ k}\Omega$$

$$R_5 = \frac{4 \text{ V}}{0,2 \text{ mA}} = 20 \text{ k}\Omega$$

Adoptamos $22 \text{ k}\Omega$.

Al implementar el circuito observamos que los efectos descritos anteriormente se cumplen, incluso al intercambiar las entradas.

2.6 Actividad 6:

Esta actividad consta de implementar un detector de ventana de dos amplificadores operacionales usando un LM358, de tal manera que cuando está en la zona segura encienda el led.

El circuito que se propone es el siguiente:

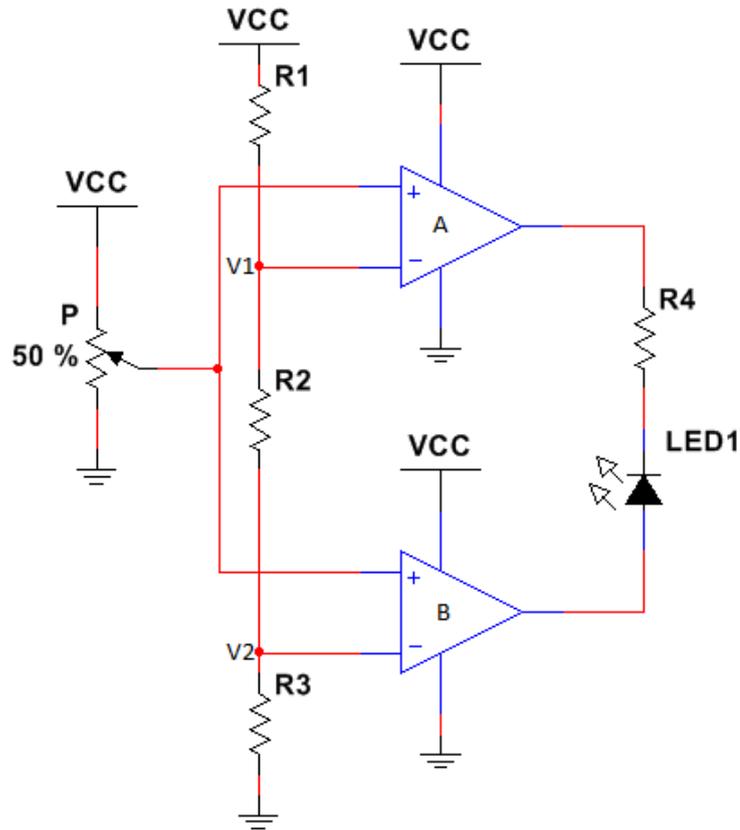


Figura 7 - Detector de ventana

El circuito enciende el led solo cuando el comparador A tiene un bajo en la salida y el comparador B tiene un alto.

La tensión de alimentación es 12 V. Tomamos $V_1 = 8\text{ V}$ y $V_2 = 4\text{ V}$ y una corriente de 0,2 mA.

Calculamos las resistencias:

$$R_1 = \frac{12\text{ V} - 8\text{ V}}{0,2\text{ mA}} = 20\text{ k}\Omega$$

Adoptamos:

$$R_1 = 22\text{ k}\Omega$$

$$R_2 = \frac{8\text{ V} - 4\text{ V}}{0,2\text{ mA}} = 20\text{ k}\Omega$$

Adoptamos:

$$R_2 = 22\text{ k}\Omega$$

$$R_3 = \frac{4\text{ V}}{0,2\text{ mA}} = 20\text{ k}\Omega$$

Adoptamos:

$$R_3 = 22\text{ k}\Omega$$

Tomamos $R_L = 1,5 \text{ k}\Omega$ igual que en el caso anterior y el preset de $10 \text{ k}\Omega$.

La tabla de verdad es la siguiente:

Vin	Salida A	Salida B	LED
$>8V$	Vcc	Vcc	Apagado
$<8V$ y $>4V$	0V	Vcc	Encendido
$<4V$	0V	0V	Apagado

3. Conclusión

El hecho de realizar las actividades por cuenta propia hizo que para las actividades donde se realizaron configuraciones con comparadores de ventana o de nivel, las corrientes de las ramas resistivas, en primera instancia, eran corrientes elevadas y por lo tanto carecían de eficiencia. Una vez corregidos estos problemas, la experiencia sirvió para fortalecer conceptos arraigados con la de amplificadores operacionales.

Al poder efectuar los análisis e implementar los circuitos por cuenta de los alumnos fuera del horario de clase, podemos entender con más detalle dichos circuitos al tener el tiempo necesario para su investigación.

Agradecimientos

Se agradece a los docentes de la cátedra de Electrónica Analógica, Dr. Anocibar Héctor Rolando, Ing. Jorge Olsson y Sr. Urbani, Luis Alberto por la disposición a consultas e inquietudes que presentamos al realizar las actividades.