



Instituto Politécnico Nacional

Escuela Superior de Cómputo



Práctica 6: COMPARADORES DE NIVEL Y SUS APLICACIONES

Profesor: Ismael Cervantes de Anda

Grupo: 4CV2

Equipo:

- Ramírez Jiménez Itzel Guadalupe
- Colín Ramiro Joel
- Vázquez Giles Alejandro

I. OBJETIVO

Para la realización de esta práctica, comprobamos el uso de los comparadores simples y de histéresis, realizamos aplicaciones con comparadores simples y con histéresis, además, interpretamos de una manera concisa y clara, los resultados obtenidos en cada uno de los circuitos solicitados en esta práctica no.6.

II. MATERIALES

Amplificador Operacional: TL071, LM741.

Resistencias: 100 Ω , 180 Ω , 680 Ω , 1k Ω , 2.2k Ω , 3.9k Ω , 10k Ω . Todas a $\frac{1}{4}$ W.

Fotoresistencia: 10k Ω .

Diodo Zener: 5.1 v a $\frac{1}{2}$ W.

Triac: 2N6344.

Opto acoplador: MOC3011.

Potenciometros: 10k Ω .

III. INTRODUCCIÓN TEÓRICA

1.1 Comparador de voltaje

Un circuito comparador(**fig 1**) permite la entrada de voltajes analógicos y proporciona una salida digital que indica cuando una entrada es menor que o mayor que la segunda. Un circuito comparador básico se puede representar como en la figura 1. La salida es una señal digital que permanece a un nivel alto de voltaje cuando la entrada no inversora es mayor que el voltaje en la entrada inversora y cambia a un nivel de voltaje más bajo cuando el voltaje de la entrada no inversora se reduce por debajo del voltaje de la entrada inversora.

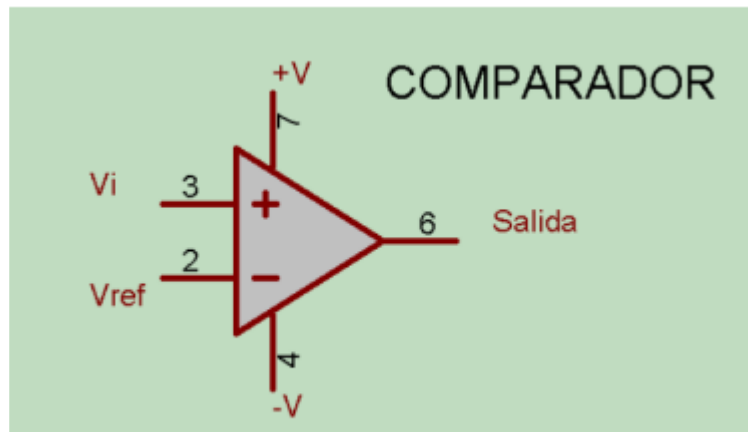


fig 1

Un Amplificador Operacional físico no puede suministrar más de la tensión a la que se alimenta, normalmente el nivel de saturación es del orden del 90 % del valor con que se alimenta. Cuando se da este valor se dice que satura, pues ya no está amplificando. La saturación puede ser aprovechada por ejemplo en circuitos comparadores.

1.2 Comparador con histéresis(fig 2)

Como concepto general, el término histéresis denota una característica de comportamiento (V_0) que depende del sentido en que varíe el estímulo (V_i).

En un comparador electrónico, la presencia de histéresis significa que la salida conmutará desde un estado $+V$ a un estado $-V$ (o viceversa) cuando la señal de entrada creciente supere un nivel dado V_1 , y que la conmutación desde B hacia A se producirá cuando la señal de entrada decreciente caiga por debajo de otro nivel dado V_2 . Esta forma de comportamiento (histéresis de comparación) se logra aplicando realimentación positiva, tanto en configuración inversora como no inversora.

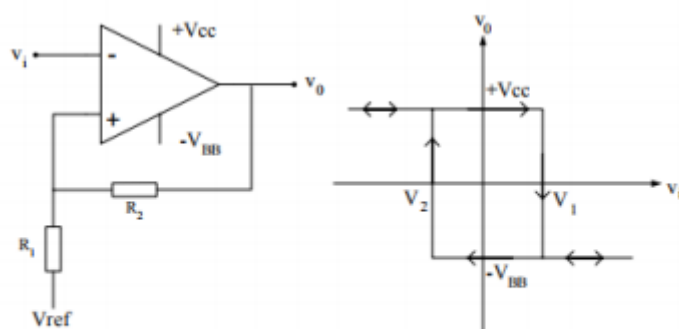


fig 2

El funcionamiento de este comparador viene descrito de la siguiente manera:

Para una señal de entrada V_i suficientemente negativa, por estar aplicada a la entrada inversora, la salida asumirá el valor positivo $+V_{SAT}$. Este valor de la salida, en conjunto con el voltaje de referencia V_{REF} (Umbral) y el divisor de

voltaje formado por R_1 y R_2 , establece en la entrada no inversora un voltaje dado por:

$$V_{UT} = V_{SAT} \frac{R_1}{R_1 + R_2} + V_{REF} \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Si la señal de entrada V_i comienza a aumentar hacia valores positivos, la salida se mantiene en $+V_{cc}$ hasta que dicho voltaje supera (o iguala) el valor de V_{UT} anterior; en dicho instante la salida conmutará a su valor máximo negativo, que es $-V_{SAT}$. Al asumir la salida de dicho valor con V_{REF} y el divisor se establece en la entrada no inversora un voltaje.

$$V_{LT} = -V_{SAT} \frac{R_1}{R_1 + R_2} + V_{REF} \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Se denomina histéresis del comparador a la diferencia entre ambos umbrales de conmutación, es decir:

$$V_H = V_{UT} - V_{LT} = [(V_{SAT}) - (-V_{SAT})] \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

IV. DESARROLLO EXPERIMENTAL

Para el desarrollo de esta práctica se llevó a cabo la simulación y el análisis de 5 circuitos, cada uno con sus características específicas de conexión y sus datos solicitados para su medición y/o su desarrollo.

Detector de Cruce por cero NO inversor

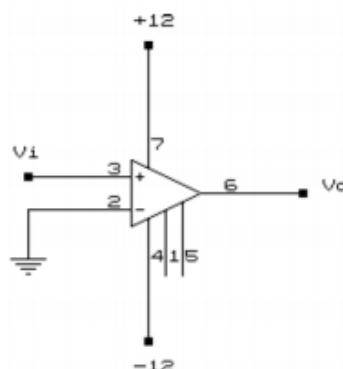


fig 3

Se armó en el simulador Proteus el circuito de la **fig 3**, se introdujo una señal senoidal de $5V_{pp}$ con una frecuencia de 1kHz en la terminal de

entrada. Se dibujaron las formas de onda obtenidas de las señales de entrada y de salida, se encuentran ilustradas en el **gráfico 1**.

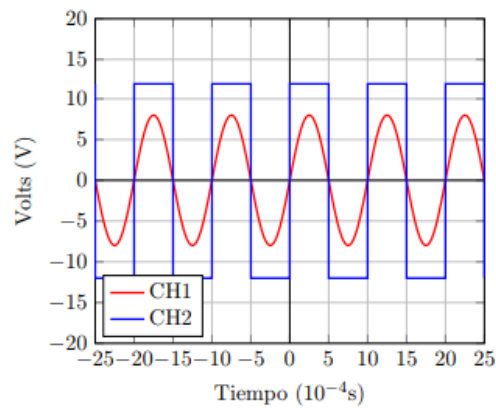


gráfico 1

Posteriormente, con este mismo circuito y la misma señal de entrada se observó la función de transferencia en el osciloscopio en el modo X-Y. El dibujo se encuentra en el **gráfico 2**.

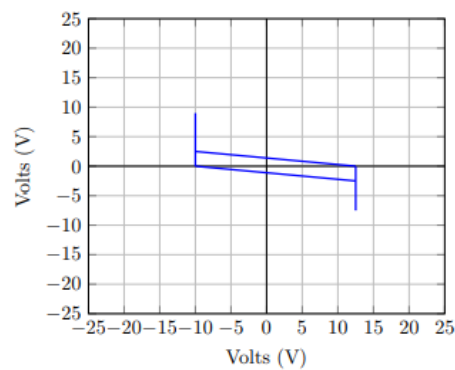


gráfico 2

Detector de Cruce por cero inversor

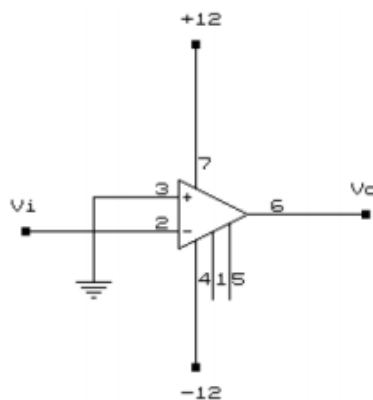


fig 4

Para el segundo circuito se construyó el circuito de la **fig 4**, se introdujo una señal senoidal de $5V_{pp}$ con una frecuencia de 1kHz en la terminal de

entrada. Se dibujaron las formas de onda obtenidas de las señales de entrada y de salida, se encuentran ilustradas en el **gráfico 3**.

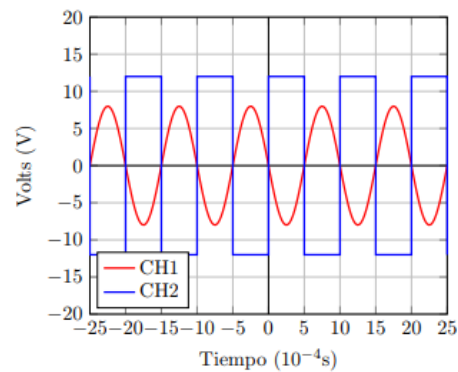


gráfico 3

Y al igual que en el circuito anterior, se observó la función de transferencia en el osciloscopio en el modo X-Y. El dibujo se encuentra en el **gráfico 4**.

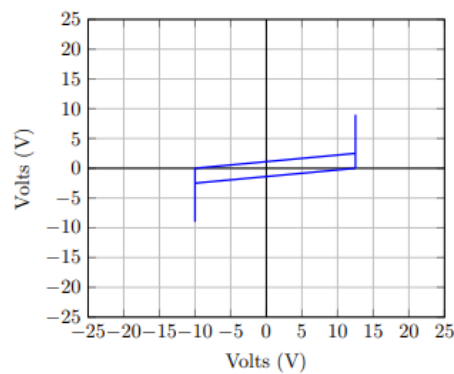


gráfico 4

Detector de Cruce por cero inversor con Histéresis

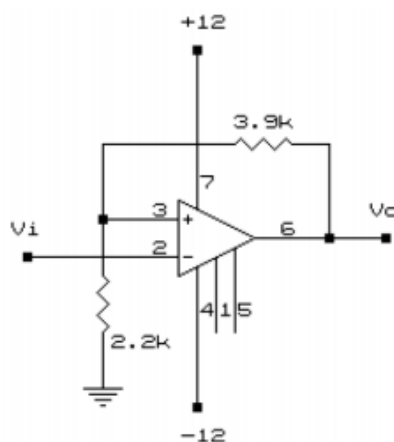


fig 5

En este circuito de la **fig 5** se introdujo una señal senoidal de $16V_{pp}$ con una frecuencia de 1kHz en la terminal de entrada. Al igual que en los circuitos

anteriores se dibujaron las formas de onda obtenidas de las señales de entrada y salida en el osciloscopio. Se encuentran ilustradas en el **gráfico 5**.

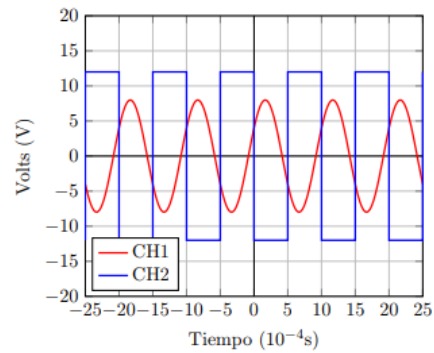


gráfico 5

Posteriormente, con este mismo circuito y la misma señal de entrada se observó la función de transferencia en el osciloscopio en el modo X-Y. El dibujo se encuentra en el **gráfico 6**.

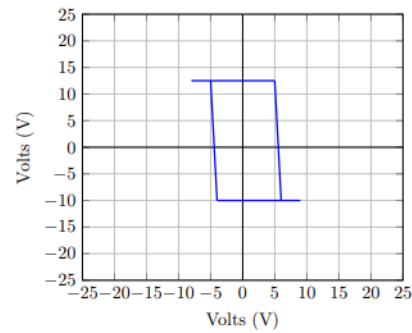


gráfico 6

Aplicaciones del detector de nivel de voltaje

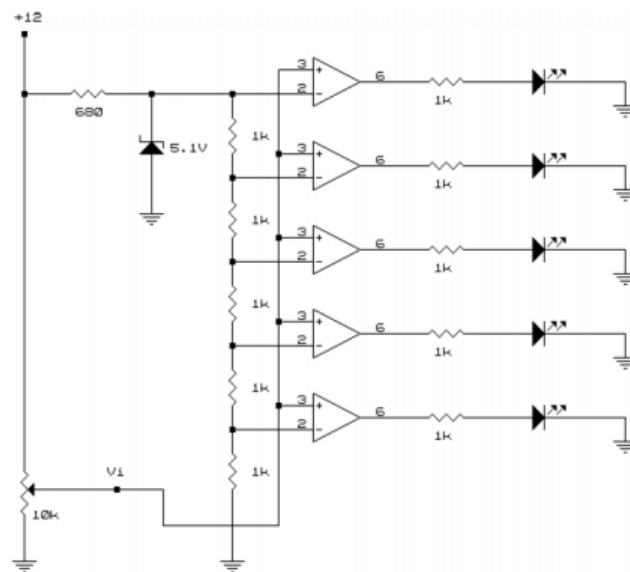


fig 6

Se construyó el circuito de la **fig 6**, se midió con el voltmetro, el voltaje de entrada V_i y se registró a que voltaje de entrada se enciende cada uno de los LEDs. Dichos resultados se encuentran en la **tabla 1**.

<i>LED</i>	<i>Voltaje de Entrada (V_i)</i>
1	0.935 V
2	1.719 V
3	2.782 V
4	3.838 V
5	4.706 V

tabla 1

Posteriormente se armó el circuito de la fig 7, se ajustó el preset hasta que el foco se enciende y se apague cuando se vea adecuado el funcionamiento.

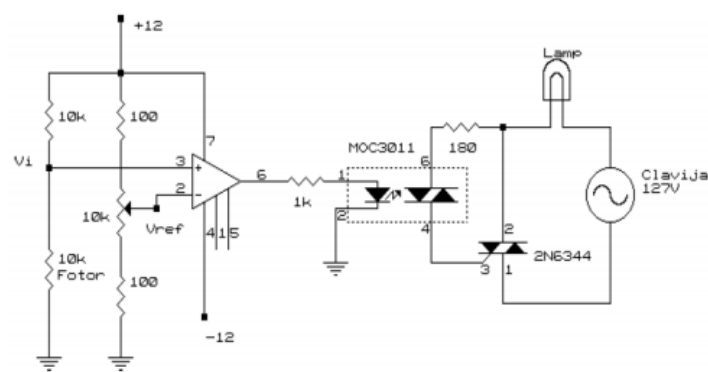


fig 7

Se midió el voltaje de referencia V_{ref} una vez ajustado y sus resultados se registraron en la **tabla 2**. También se midió el voltaje de la fotorresistencia V_i cuando haya luz y cuando esté oscuro. Sus resultados también están en la **tabla 2**.

	Voltaje
Voltaje de referencia	5.17 V
Voltaje de la fotorresistencia a la luz	3.94 V
Voltaje de la fotorresistencia a la oscuridad	5.13 V

tabla 2

Aplicaciones del detector de nivel de voltaje con Histéresis

Para el último circuito se construyó el de la **fig 8**, se ajustaron los presets hasta que el foco encienda y se apagúe de forma apropiada y de forma que no existan oscilaciones, es decir, ruido en el foco

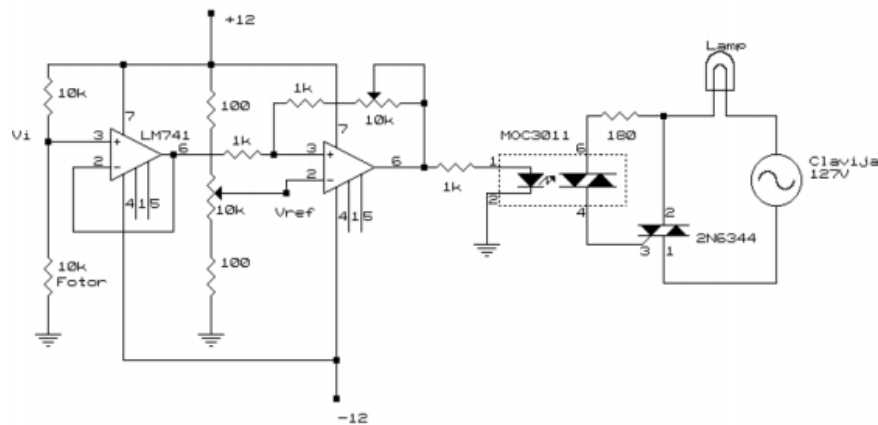


fig 8

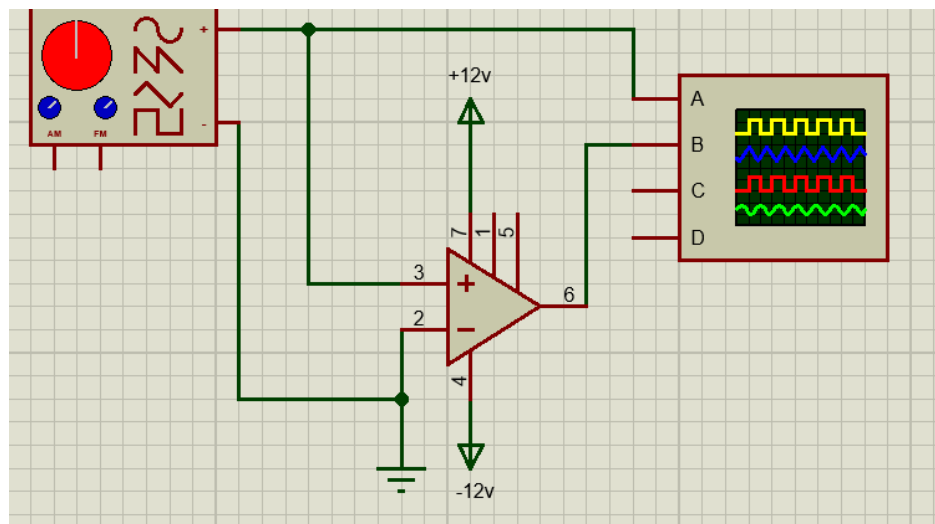
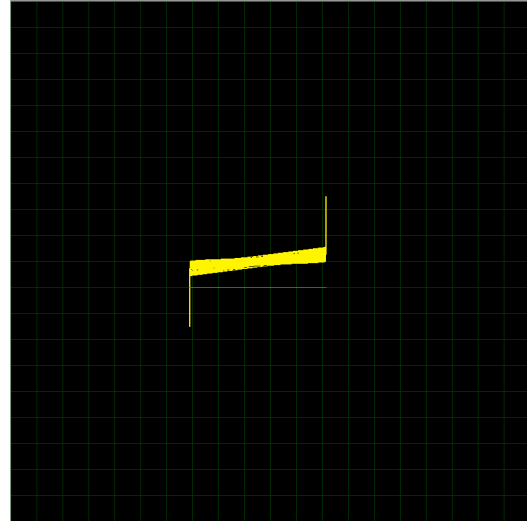
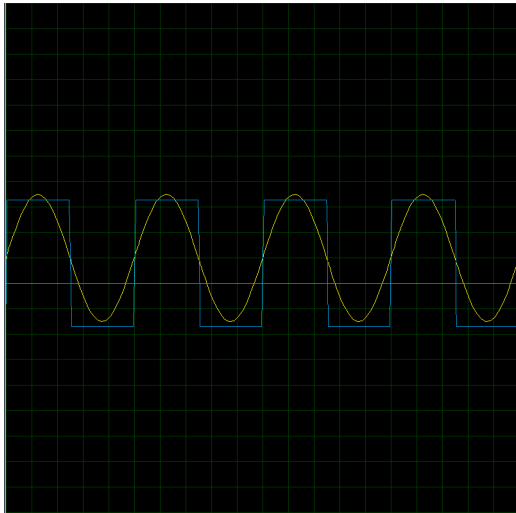
Finalmente, se midió el voltaje de referencia V_{ref} una vez que el circuito esté ajustado se registraron sus datos en la tabla 3, también, se midió el voltaje de la fotorresistencia V_f cuando haya luz y cuando esté oscuro, se registraron también en la tabla 3, además del valor de la resistencia nR.

	Voltaje
Voltaje de referencia(V_{ref})	5.18 V
Valor de la resistencia nR(Fuente de alimentación apagada)	8.9 k Ω
Voltaje de la fotorresistencia a la luz	3.80 V
Voltaje de la fotorresistencia a la oscuridad	9.16 V

V. SIMULACIONES y CÁLCULOS TEÓRICOS

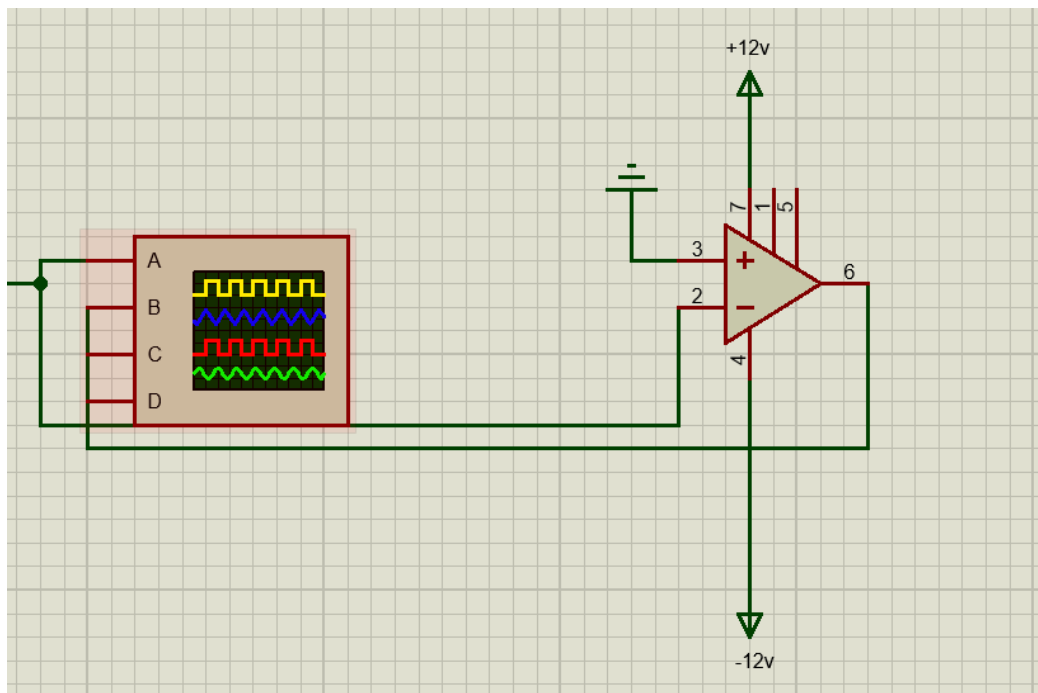
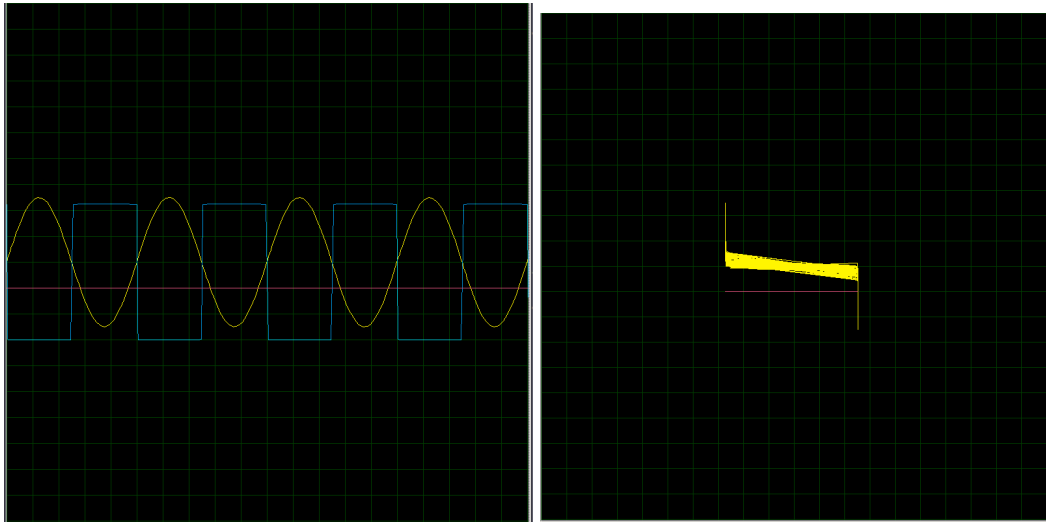
En esta sección se encuentran las simulaciones de cada uno de los circuitos previamente establecidos en la sección del desarrollo. También se encuentran los Cálculos Teóricos requeridos de cada circuito..

Detector de Cruce por cero NO inversor



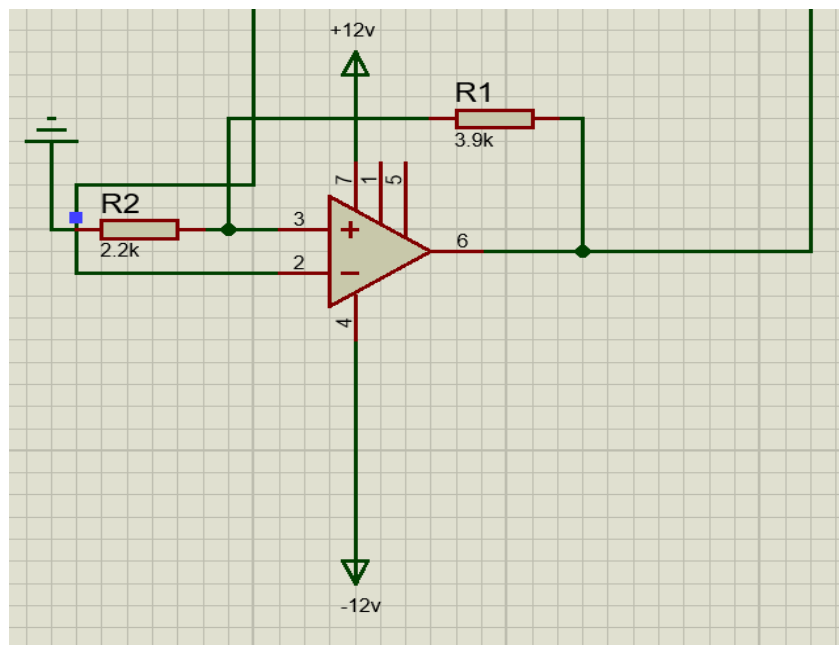
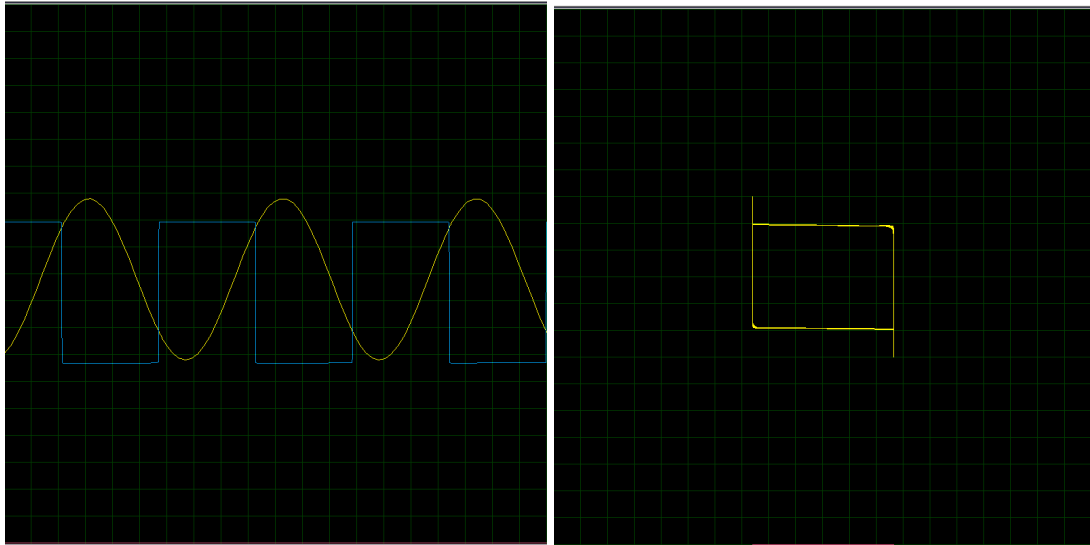
Cuando $V_i > 0$ obtenemos $V_0 = +V_{sat} = 12.5V$, y cuando $V_i < 0$ obtenemos $V_0 = -V_{sat} = -12.5V$.

Detector de Cruce por cero inversor



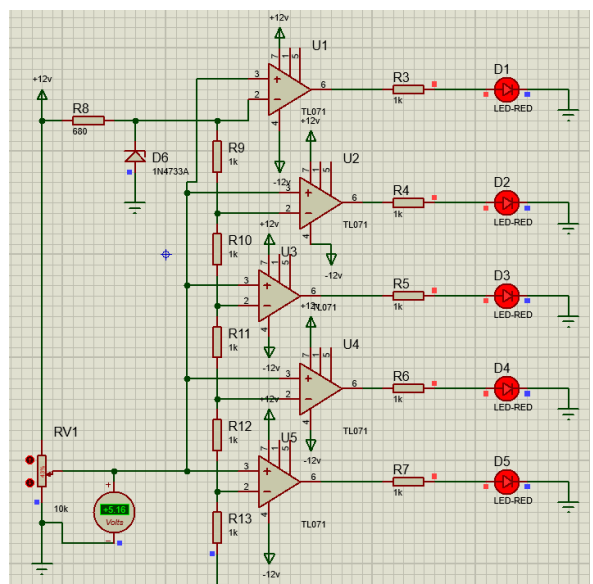
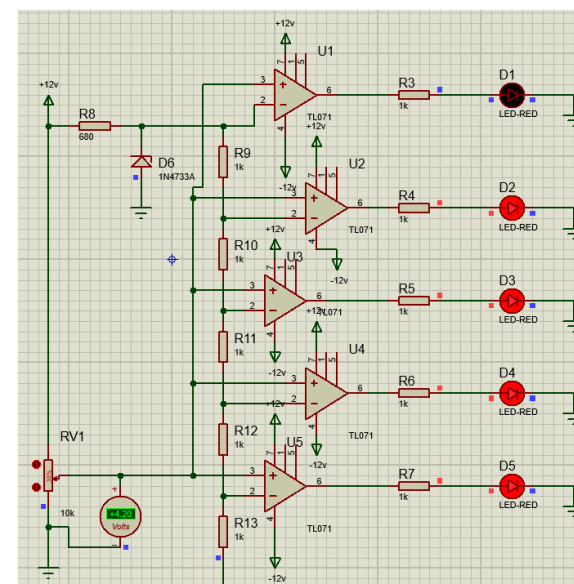
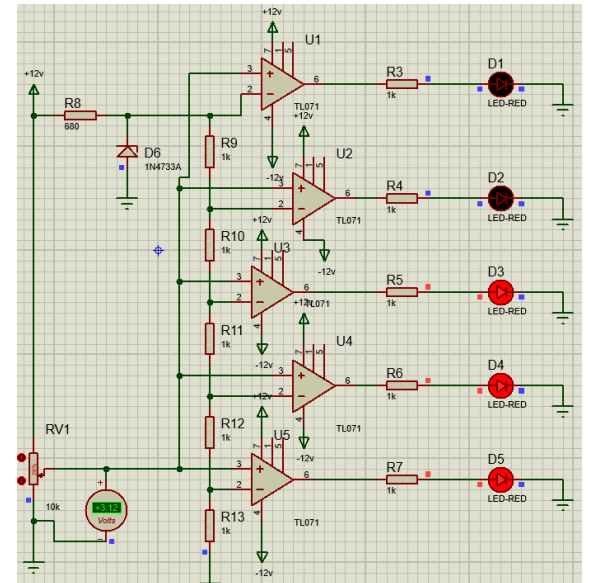
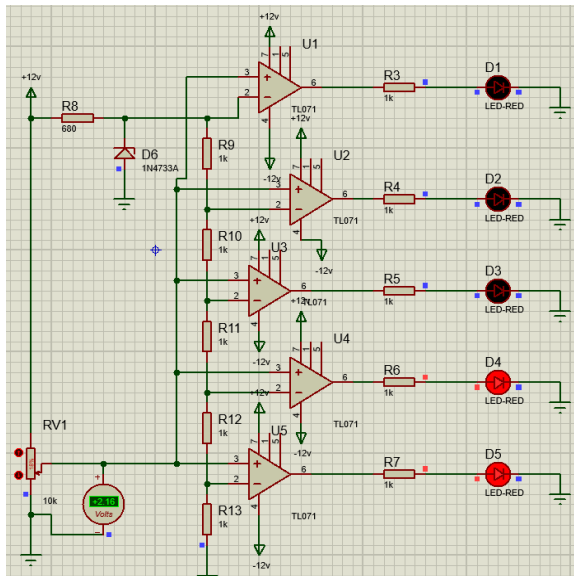
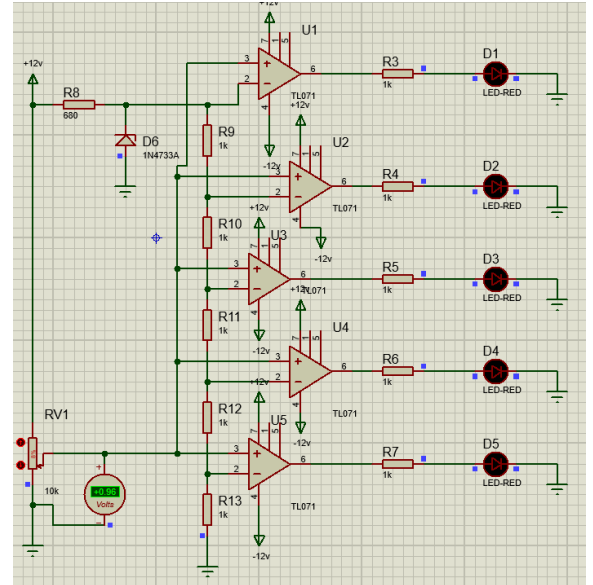
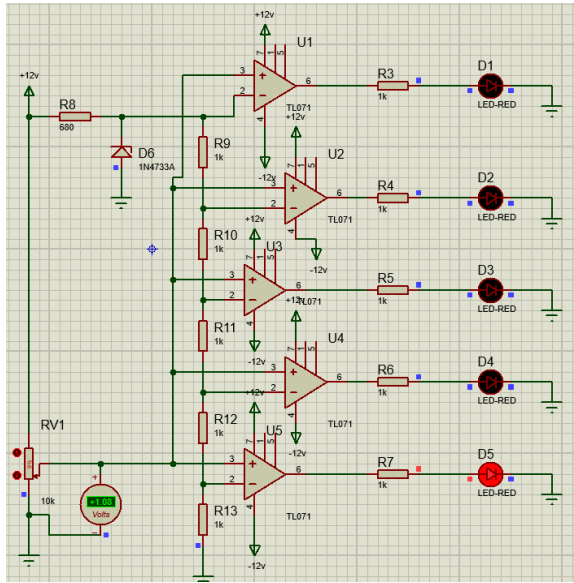
Cuando $V_i > 0$ obtenemos $V_0 = -V_{sat} = -12.5V$, y cuando $V_i < 0$ obtenemos $V_0 = +V_{sat} = +12.5V$.

Detector de Cruce por cero inversor con Histéresis



Tenemos que $n = \frac{3.9k\Omega}{2.2k\Omega} = 1.7727$, $V_{sat} = 12V$. Entonces $V_H = \frac{2V_{sat}}{n} = 13.53V$.

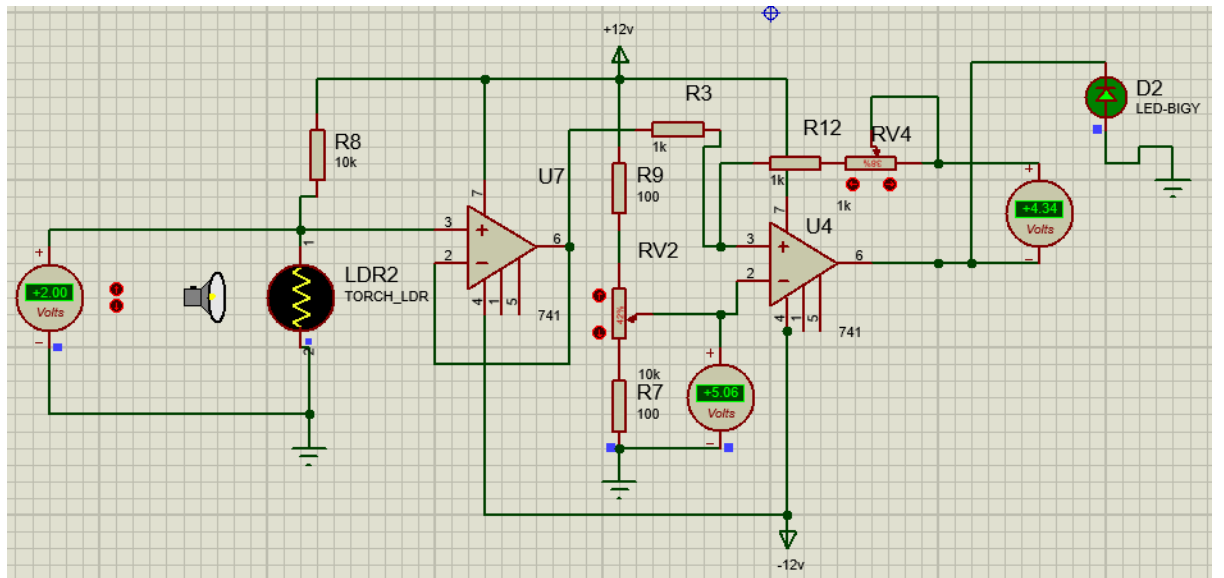
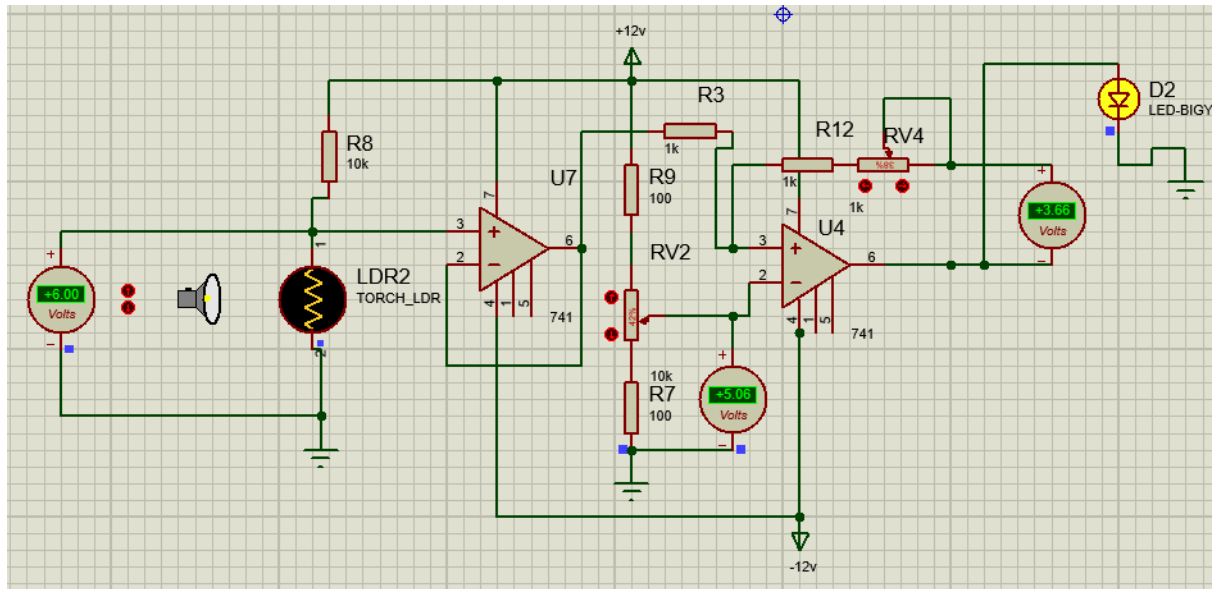
Aplicaciones del detector de nivel de voltaje





Sea V_k el voltaje de la entrada inversora del k -ésimo amplificador operacional, vistos de abajo hacia arriba comenzando en $k = 1$. Por divisor de voltaje, tenemos que $V_k = k \cdot \frac{5.1V}{5} = k(1.02V)$. Por lo tanto, el voltaje en la salida de cada op amp será de $+V_{sat}$ si $V_i > V_k$ y $-V_{sat}$ si $V_i < V_k$. Es decir, el k -ésimo LED encenderá si $V_i > (1.02V)k$. Dichos valores son $V_1 = 1.02V$, $V_2 = 2.04V$, $V_3 = 3.06V$, $V_4 = 4.08V$ y $V_5 = 5.10V$.

Aplicaciones del detector de nivel de voltaje con Histéresis



VI. CONCLUSIONES

En esta práctica número 6, se comprobó la utilidad de los amplificadores operacionales como comparadores de voltaje, los cuales tienen gran utilidad dentro de la electrónica. En los primeros circuitos se apreció la interacción entre los voltajes de entrada teniendo un voltaje de referencia igual a 0. Suministrando señales de C_A , fue notorio cómo el voltaje de saturación fue alternando entre su valor positivo y negativo por cada semiciclo de las ondas (Cruce por 0 V).

Gracias a esta práctica se comprendió el funcionamiento de un comparador de voltaje y algunas de sus aplicaciones. Básicamente podemos concluir que funcionan como la “función” signo en matemáticas,

pues nos indica únicamente el signo de la señal de entrada sin importar su magnitud, multiplicado por el voltaje de saturación del amplificador operacional. En el caso de la histéresis nos ayudó a crear algo parecido a un margen de error para las transiciones de positivo a negativo, creando dos barreras para esta transición; lo cual es muy útil en el diseño de integrados en electrónica digital.

VII. BIBLIOGRAFÍA

1. <http://www.itlalaguna.edu.mx/2014/Oferta%20Educativa/Ingenierias/Sistemas/Plan%201997-2004/Ecabas/ecabaspdf/COMPARADORES.pdf>
2. <https://www.digikey.com.mx/es/articles/the-essentials-of-analog-voltage-comparators-and-how-to-use-them#:~:text=Un%20comparador%20de%20voltaje%20es,por%20debajo%20de%20la%20referencia.>
3. <https://unicrom.com/comparadores-de-voltaje/>
4. https://eva.fing.edu.uy/pluginfile.php/92833/mod_resource/content/2/Comparador%20con%20hist%C3%A9resis%20-%20Ecuaciones.pdf#:~:text=En%20el%20comparador%20con%20hist%C3%A9resis,red%20resistiva%20R1%20y%20R2.
5. <https://www.elettroamici.org/es/comparatore-con-isteresi/>