

**Práctica No. 5 del Curso "Sensores y Transductores".
"Comparadores y Aplicaciones"**

Objetivos.

Comprobar en forma experimental el funcionamiento de los comparadores con Histéresis, así como darles una aplicación mediante un control de temperatura.

Material y equipo requerido.

- Fuentes de alimentación.
- Resistencias, potenciómetros.
- Amplificadores operacionales LM741 o similares.
- Sensor de Temperatura LM35.

1. Teoría.

Los amplificadores operacionales (OPAM) normalmente se usan para amplificar señales analógicas, cuándo funciona de esta forma esta en el modo lineal. Otra aplicación es como comparador de voltaje, en donde el voltaje de salida función de que voltaje es mayor en cada una de sus dos entradas, solo tiene dos niveles de voltaje que son positivo (+Vsat) o negativo (-Vsat). Son usados para comparar 2 señales analógicas y tener una señal digital para determinar cuál es mayor. Una mejora es incluir el efecto de histéresis, lo que permite hacerlo más inmunes al ruido a los comparadores. En esta práctica se va comprobar el funcionamiento experimental de estos circuitos.

En los comparadores existen 2 topologías de comparadores, estos son: Comparador Simple y Detector de cruce por cero con histéresis. En la figura 1 se muestra el comparador básico. Si el voltaje en la terminal positiva (V+) es mayor que el Voltaje en la terminal negativa (V-) el voltaje de salida es +Vsat que teóricamente se considera que es el voltaje de alimentación positivo (en la práctica es un poco menor y hay que determinarlo experimentalmente). La ecuación 1 describe la ecuación de salida del comparador.

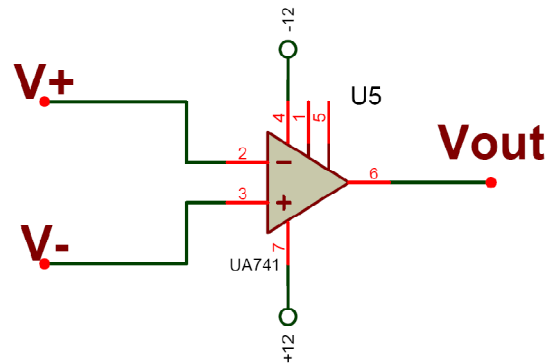


Figura 1. OPAM como comparador simple

Las ecuaciones de entrada salida de este comparador se muestra en la ecuación 1.

$$V_{OUT} = \begin{cases} +V_{sat} & V_{+} > V_{-} \\ -V_{sat} & V_{+} < V_{-} \end{cases} \quad (1)$$

Una versión mejorada es usar retroalimentación positiva que tienen la ventaja de que evita disparos falsos, lo que los hacen más inmunes al ruido. Con esta configuración se presenta histéresis. Para este tipo de configuraciones existen 2 topologías de comparadores, estos son:

- El detector de cruce por cero con histéresis (DCCH).
- El detector no inversor de nivel con histéresis (DNINH)

En la figura 2 se muestra un circuito DCCH, así como sus ecuaciones de diseño.

Ecuaciones de diseño:

$$V_{UT} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} (+V_{sat})$$

$$V_{LT} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} (-V_{sat})$$

$$V_H = (V_{UT}) - (V_{LT})$$

$$V_{CTL} = 0$$

Donde $+V_{sat}$, es el voltaje de saturación positivo y $-V_{sat}$ es el voltaje de saturación negativo. V_{UT} es voltaje de umbral positivo, V_{LT} el voltaje de umbral negativo, V_H el voltaje de histéresis y V_{CTL} el voltaje central.

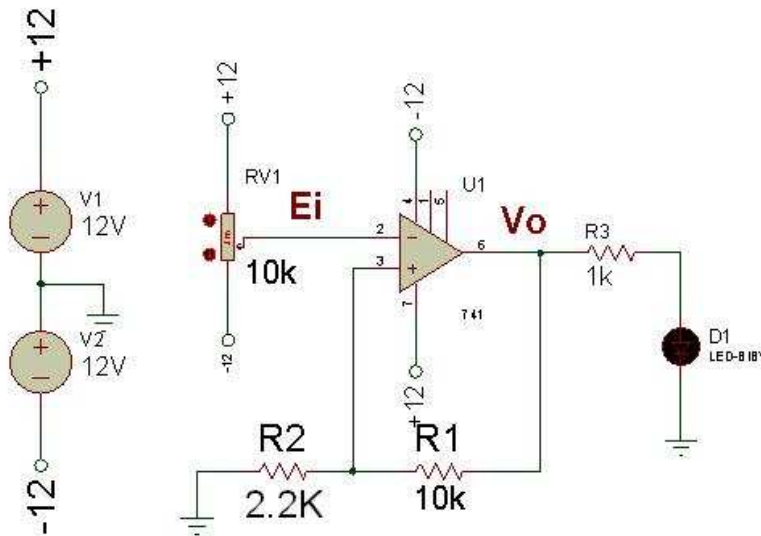


Figura 2. Diagrama esquemático del comparador DCCH

Las aplicaciones de los comparadores es para activar señales en cómo pueden ser alarmas de alto o bajo nivel entre otras. En esta práctica se va a usar el comparador así como un circuito acondicionador de señales (CAS) para el control de temperatura de un horno.

2. Procedimiento

Comparador Básico

1. Simular el circuito de la figura 3.
2. Determinar experimentalmente el voltaje de saturación positivo ($+V_{sat}$) y ($-V_{sat}$). Para ello armar un comparador simple y poner a la entrada un voltaje de $+1V$, y después de $-1V$, el voltaje positivo corresponde a $+V_{sat}$ y el negativo a $-V_{sat}$.
3. Armar el circuito de la figura 3 y variar el voltaje de entrada de $-10V$ a $10V$ con incrementos de $0.5V$. Anotar en los datos en la tabla 1.
4. Armar el circuito de la figura 3 y variar el voltaje de entrada de $10V$ a $-10V$ con decrementos de $0.5V$. Anotar lo datos en la tabla 1.
5. Con base en las mediciones comparar la respuesta teórica y experimental del circuito.
6. Graficar los 2 barridos, la respuesta teórica y obtener la función de transferencia del circuito (el diagrama de histéresis si la hay).

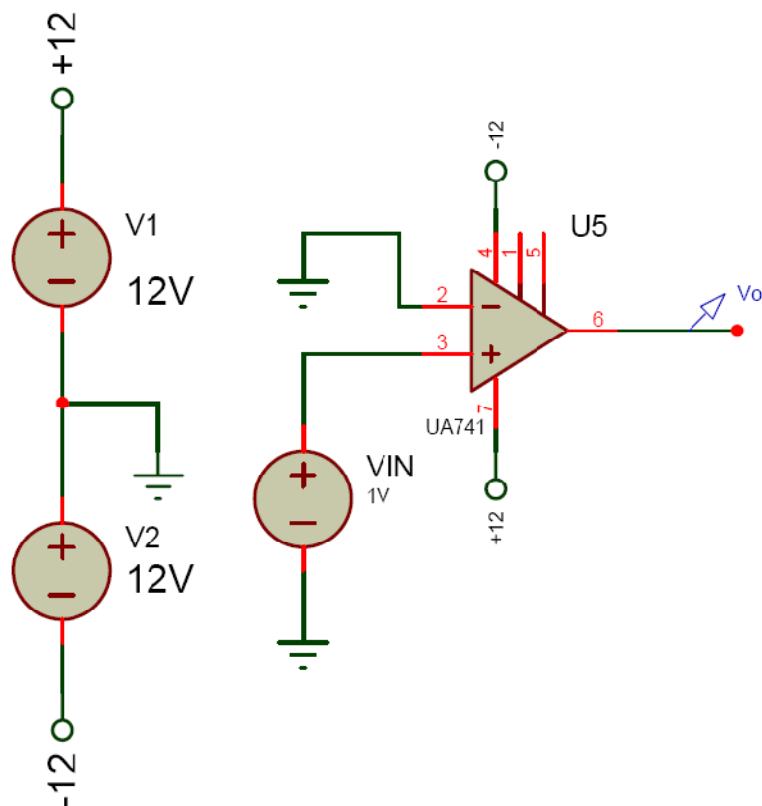


Figura 3. Comparador básico

Tabla 1. Mediciones del comparador Simple

Barrido Ascendente			Barrido Descendente		
Voltaje de entrada barrido ascendente V_{in}	Voltaje de salida teórico	Voltaje de salida experimental	Voltaje de entrada barrido descendente V_{in}	Voltaje de salida teórico	Voltaje de salida experimental
-10			10		
-9.5			9.5		
-9.0			9.0		
-8.5			8.5		
-8.0			8.0		
-7.5			7.5		
-7.0			7.0		
-6.5			6.5		
-6.0			6.0		
-5.5			5.5		
-4.5			4.5		
-4			4		
-3.5			3.5		
-3			3		

-2.5			2.5		
-2			2		
-1.5			1.5		
-1			1		
-0.5			0.5		
0			0		
0.5			-0.5		
1			-1		
1.5			-1.5		
2			-2		
2.5			-2.5		
3			-3		
3.5			-3.5		
4			-4		
4.5			-4.5		
5			-5		
5.5			-5.5		
6			-6		
6.5			-6.5		
7			-7		
7.5			-7.5		
8			-8		
8.5			-8.5		
9			-9		
9.5			-9.5		
10			-10		

Comparador con Histéresis

1. Simular el circuito de la figura 2 y con base en este encontrar VUT y VLT.
2. Determinar experimentalmente el voltaje de saturación positivo (+Vsat) y (-Vsat). Para ello armar un comparador simple y poner a la entrada un voltaje de +1V, y después de -1V, el voltaje positivo corresponde a +Vsat y el negativo a -Vsat.
3. Armar el circuito de la figura 2 y variar el voltaje de entrada de -10V a 10V con incrementos de 0.5V. Anotar en los datos en la tabla 2.
4. Armar el circuito de la figura 2 y variar el voltaje de entrada de 10V a -10V con decrementos de 0.5V. Anotar los datos en la tabla 2.
5. Con base en las mediciones comparar la respuesta teórica y experimental del circuito.
6. Graficar los 2 barridos, la respuesta teórica y obtener la función de transferencia del circuito (el diagrama de histéresis).

Tabla 1. Respuesta del comparador 1

Barrido Ascendente	Barrido Descendente
--------------------	---------------------

Voltaje de entrada barrido ascendente Vin	Voltaje de salida teórico	Voltaje de salida experimental	Voltaje de entrada barrido descendente Vin	Voltaje de salida teórico	Voltaje de salida experimental
-10			10		
-9.5			9.5		
-9.0			9.0		
-8.5			8.5		
-8.0			8.0		
-7.5			7.5		
-7.0			7.0		
-6.5			6.5		
-6.0			6.0		
-5.5			5.5		
-4.5			4.5		
-4			4		
-3.5			3.5		
-3			3		
-2.5			2.5		
-2			2		
-1.5			1.5		
-1			1		
-0.5			0.5		
0			0		
0.5			-0.5		
1			-1		
1.5			-1.5		
2			-2		
2.5			-2.5		
3			-3		
3.5			-3.5		
4			-4		
4.5			-4.5		
5			-5		
5.5			-5.5		
6			-6		
6.5			-6.5		
7			-7		
7.5			-7.5		
8			-8		
8.5			-8.5		
9			-9		
9.5			-9.5		
10			-10		

Aplicaciones del Comparador

Una aplicación de los comparadores de histéresis y el Circuito Acondicionador de Señales (CAS) es en la elaboración de un control de temperatura. Éste se compone de los siguientes bloques:

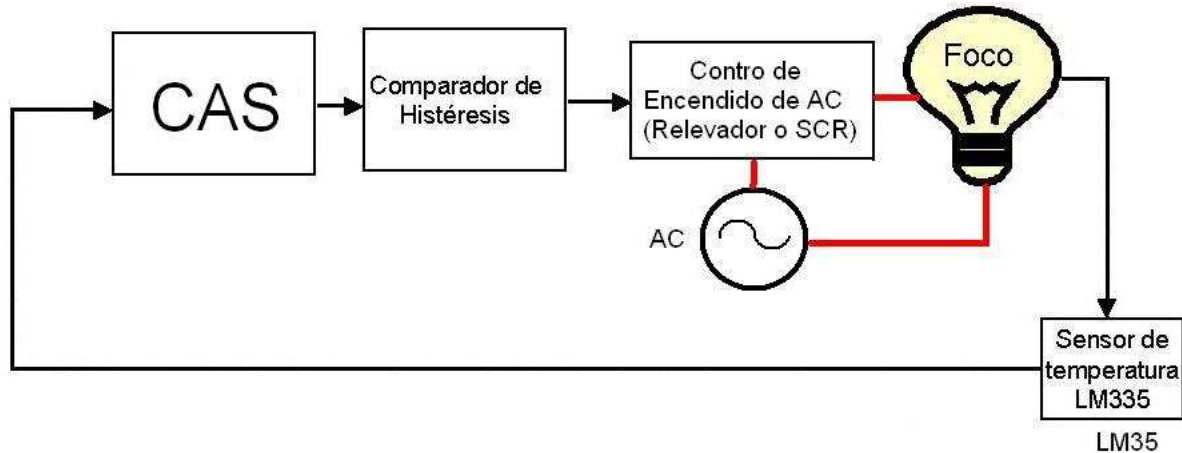


Figura 4. Control de temperatura analógico

- Sensor de temperatura. Estará basado en un LM35 que proporciona un voltaje de $10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$.
- Comparador de histéresis. Este circuito proporciona una conmutación con histéresis de la salida en función del error. Si se usa un OPAM de propósito general, el voltaje de salida será de $+V_{\text{sat}}$ o $-V_{\text{sat}}$.
- Control de encendido de AC. Es el que conmuta de encendido a apagado el foco. Para ellos se usará un relevador. Se usa un transistor para dispararlo a partir de la salida del comparador.
- Circuito Acondicionador de Señales. Este circuito se diseña de tal manera que el voltaje proporcionado por el LM35 es acondicionado para que mantenga los voltajes a su salida en el rango de la histéresis del comparador.
- Foco. Este se usa como generador de calor que cuando hace que la temperatura se incremente

En la figura 5 se muestra la forma en que se realiza el comparador de Histéresis y el Control de Encendido del relevador, para controlar la activación de foco que es la fuente de calor. Como se ve en esta figura VCAS es el voltaje de salida del circuito CAS, el cual entra al comparador de Histéresis (V_{his}). Cuando ésta salida es positiva, activa al transistor el cual hace que se dispare el relevador y encienda el foco que es la fuente de calor. Cuando V_{his} es negativo, se apaga el relevador y con ello se desactiva el foco. El diodo en la parte de disparo sirve para bloquear el voltaje negativo.

Procedimiento.

1. Diseñar un CAS que cuando la temperatura del LM35 sea de 35°C la a su salida se tenga un voltaje de -6V , cuando la temperatura sea de 30°C el voltaje sea de 6V .
2. Diseñar un comparador con histéresis de tal manera que tenga una ventana de histéresis de $\pm 6\text{V}$.
3. Realizar un circuito de disparo con un transistor para conmutar un relevador.
4. Simular todo los circuitos de tal manera que se compruebe el correcto funcionamiento del comparador y del CAS. Una vez que se haga esto se procede a armarlo en el laboratorio.
5. Hacer pruebas y verificar el correcto funcionamiento del todo el sistema.

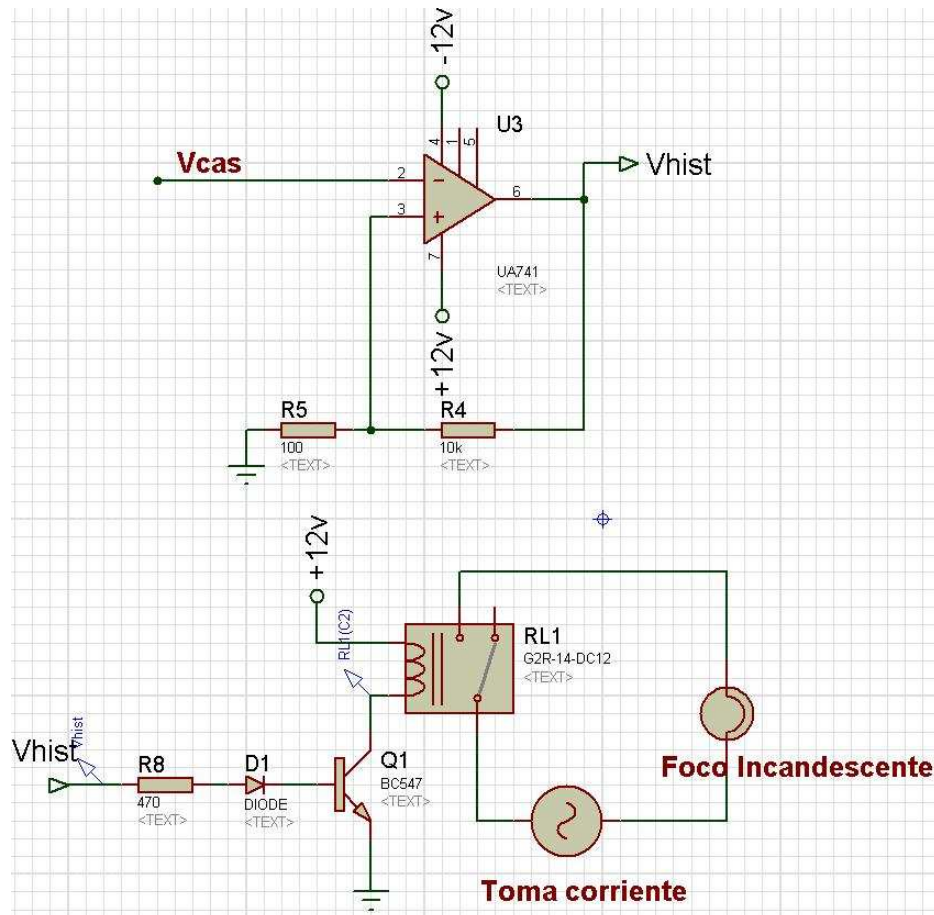


Figura 5. Circuito de disparo de la parte de potencia

Reporte.

El reporte de la práctica deberá tener los siguientes puntos.

Objetivos.

Introducción teórica (Breve y concisa).

Procedimiento.

Resultados.

Conclusiones.

Bibliografía.

Además todas las figuras y tablas que pongan deberán tener pie de figura con texto y hacer referencia a ellas en el texto.

Nombre del profesor: F. Hugo Ramírez Leyva.