

CSE. ANEXO TEMA 6.: EL A.O. COMO COMPARADOR

1.0. OBJETIVOS.

- Análisis de los diferentes circuitos.
- Comprobación del funcionamiento de los distintos comparadores.

1.1. COMPARADORES SIN REALIMENTACIÓN.

A veces se necesita comparar dos magnitudes, o sea, dos tensiones, para obtener dos estados perfectamente definidos, que nos determinen si la señal a comparar es mayor o menor que la tensión o señal llamada de referencia.

Como muestra podemos pensar en la siguiente aplicación práctica: por medio de sensores de nivel podemos detectar el estado de un recipiente de combustible líquido. Tomamos como referencia el nivel normal y ajustamos una señal de tensión correspondiente al mismo. Cuando el nivel esté por encima (o por debajo) de lo normal (referencia), el comparador deberá dar una señal de salida al sistema controlador, de forma que se restablezca de inmediato el nivel normal. Evidentemente, la señal de referencia se conecta a una de las entradas del comparador recibiendo la otra la señal de la variable controlada (en este caso, el nivel del recipiente).

Al igual que en otros montajes descritos tendremos comparadores inversores y no inversores, en las figuras se muestra sencillos comparadores llamados “detectores de paso por cero”. El funcionamiento de este comparador es bastante sencillo: la ganancia del A.O. será la máxima al estar en lazo abierto, luego en el caso de existir una diferencia de potencial entre las entradas la salida del comparador pasará al estado de saturación independientemente de que la citada diferencia sea pequeña.

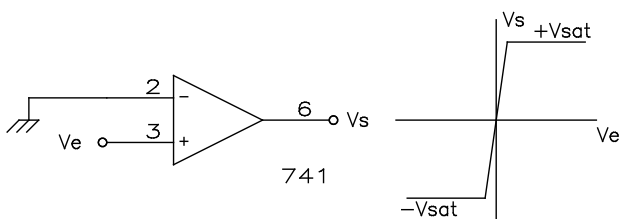


Fig.1.1: Comparador no inversor .

$$V_s = \begin{cases} +V_{sat}, & \text{cuando } V_e > 0 \\ -V_{sat}, & \text{cuando } V_e < 0 \end{cases} \quad (1.1)$$

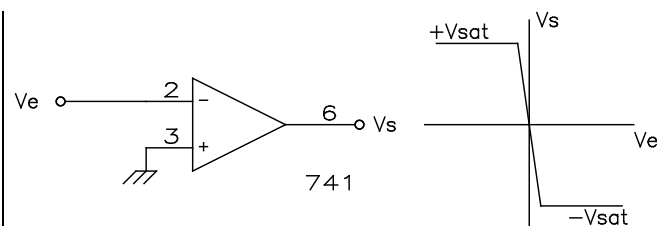


Fig.1.2: Comparador inversor.

$$V_s = \begin{cases} +V_{sat}, & \text{cuando } V_e < 0 \\ -V_{sat}, & \text{cuando } V_e > 0 \end{cases} \quad (1.2)$$

En los dos tipos de comparadores estudiados la señal de referencia era nula por estar conectada a masa; ahora mostraremos un circuito en el que podemos variar la tensión de referencia. Se observará que en este caso la conmutación de estados de saturación tiene lugar cuando el nivel de la señal que se quiere comparar alcanza el valor de referencia.

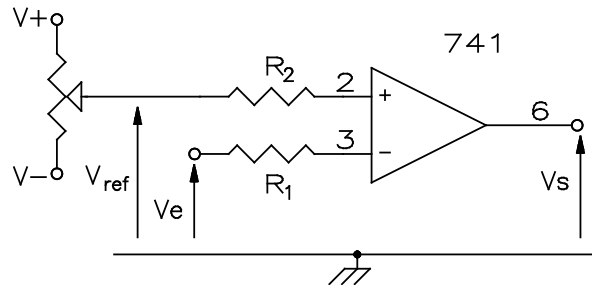


Fig.1.3: Comparador con tensión de referencia variable.

$$V_s = \begin{cases} +V_{sat}, & \text{cuando } V_e < V_{ref} \\ -V_{sat}, & \text{cuando } V_e > V_{ref} \end{cases} \quad (1.3)$$

En este montaje no existe una relación obligada entre las resistencias R_1 y R_2 , si bien es aconsejable que sean de igual valor para la compensación de las corrientes de polarización. Por la misma razón, se ha de procurar que la resistencia del potenciómetro sea mucho menor que R_2 , al menos diez veces menor, ya que de lo contrario influiría excesivamente en la resistencia equivalente apoyada en la patilla no inversora.

A la hora de proyectar un comparador suele ser habitual la utilización de dos diodos en antiparalelo, colocados entre los terminales de entrada, para proteger contra posibles sobretensiones o sobrecorrientes que puedan dañar el integrado.

También se suele conectar a la salida una red formada por una resistencia y dos diodos zener en serie con el ánodo o el cátodo común, esta disposición nos permitirá ajustar la tensión de salida al valor que deseemos (de lo contrario $V_s = \pm V_{sat}$). Si se eligen los diodos zener de distintos valores las amplitudes positiva y negativa de salida serán diferentes. La diferencia entre la tensión de los zener y la de saturación del comparador será absorbida en la resistencia de salida R_2 .

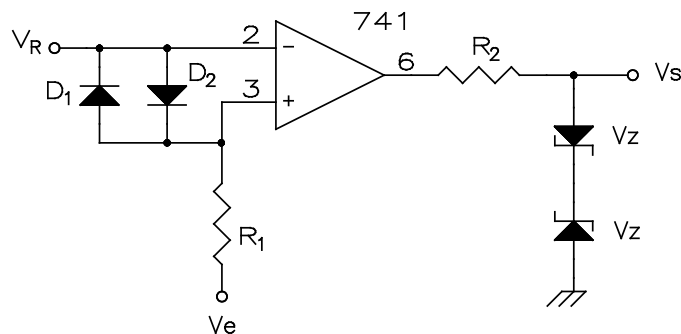
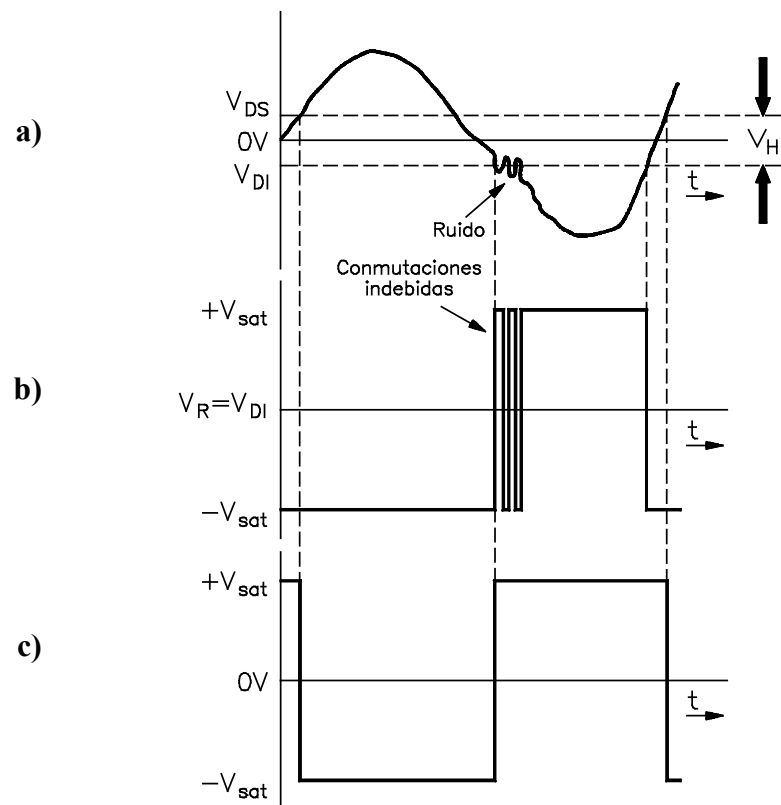


Fig.1.4: Montaje con protección y limitación de salida.

1.2. COMPARADOR REALIMENTADO, REGENERATIVO O COMPARADOR DE SCHMITT (SCHMITT TRIGGER).

Uno de los problemas que presentan los comparadores en lazo abierto es que los cambios de su salida se producen ante cualquier variación (por pequeña que sea) en la entrada. Si los cambios en la entrada son debidos a una señal de ruido superpuesta a la entrada, la salida nos puede dar una información falsa sobre los citados cambios. Con los comparadores realimentados conseguimos fijar un intervalo de valores entre los cuales no se consideran los cambios habidos a la entrada, a este fenómeno se le denomina *histéresis*. A continuación, se muestran los resultados de los comparadores sin y con realimentación.



**Fig.1.5: a) Señal de entrada,
b) salida comparador sin realimentación,
c) salida comparador con realimentación.**

Para la construcción de un comparador regenerativo se deben establecer dos niveles de referencia, denominados tensión de disparo superior (V_{DS}) e inferior (V_{DI}), separados por una cierta banda de tensión que dependerá del valor de pico estimado para la señal de ruido. La diferencia entre estos dos niveles se denomina margen de tensión de histéresis (V_H). Las conmutaciones de salida se producen cuando la señal a comparar alcanza los citados niveles de disparo.

En primer lugar analizaremos el comparador inversor regenerativo, representado en la Fig:1.6.

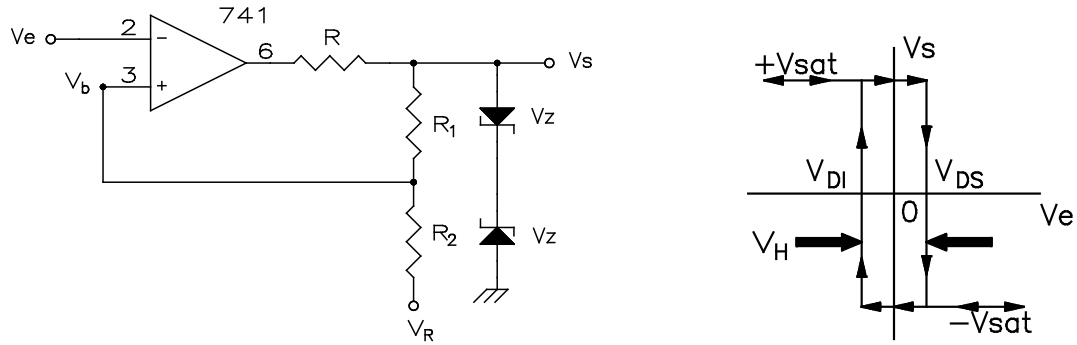


Fig.1.6: Comparador de Schmitt inversor con referencia ajustable. Curva de histéresis.

Si los diodos zener son del mismo valor, la tensión de salida será igual a la tensión zener de uno de ellos más la tensión directa del otro: $\pm V_s = \pm(V_z + V_d)$.

En el caso de que $V_e < V_b$ la salida será $+V_s$, por tanto la tensión V_b será igual:

$$V_b = V_R + \frac{R_2}{R_1 + R_2}(V_s - V_R) \equiv V_{DS} \quad (1.4)$$

Expresión que nos da el valor de la tensión de disparo superior. Si ahora aumenta V_e , la salida se mantendrá constante en $+V_s$ hasta que $V_e = V_{DS}$. Cuando se cumpla esta última igualdad la salida cambiará a $-V_s$, permaneciendo en este valor mientras $V_e > V_{DS}$. La tensión en el terminal no inversor será ahora:

$$V_b = V_R - \frac{R_2}{R_1 + R_2}(V_s + V_R) \equiv V_{DI} \quad (1.5)$$

En la Fig.1.6 se muestra la característica de histéresis de este montaje para el caso particular de $V_R = 0$. En dicha característica se puede ver que para valores negativos de V_e superiores en módulo a V_{DI} , la salida del comparador estará en $+V_s$ y la tensión de disparo (referencia) será V_{DS} . Al alcanzar V_e a V_{DS} , la salida cambia de $+V_s$ a $-V_s$ y la tensión de disparo para la próxima conmutación pasa a ser V_{DI} , situación que se mantiene mientras V_e sea superior a V_{DS} . Si V_e toma valores comprendidos entre V_{DI} y V_{DS} (margen de histéresis), la salida permanecerá inalterada. No obstante, si V_e disminuye hasta alcanzar V_{DI} , la salida conmutará nuevamente a $+V_s$ volviendo a ser V_{DS} la tensión de disparo. Vemos, pues, que existe un cierto retardo de conmutación cuando la señal de entrada se halla dentro del margen de histéresis (V_H).

En el caso de querer construir un comparador no inversor, bastaría con intercambiar la localización de V_e y V_R en Fig.1.6. En este caso las tensiones de disparo serían:

$$V_b = V_e + \frac{R_2}{R_1 + R_2}(V_s - V_e) \quad (1.6)$$

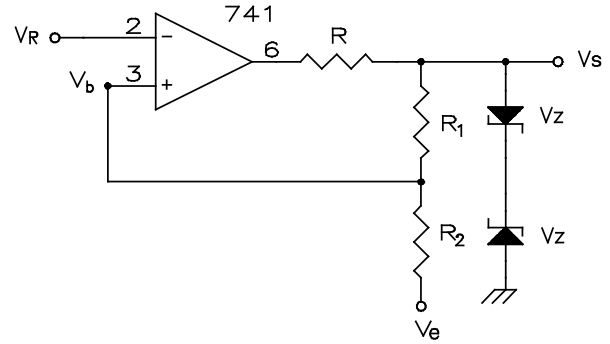


Fig.1.7: Comparador no inversor.

$$para V_b = V_R \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} V_{DI} = \frac{R_1 + R_2}{R_1} V_R - \frac{R_2}{R_1} V_s (V_s = V_{sat}) \\ V_{DS} = \frac{R_1 + R_2}{R_1} V_R - \frac{R_2}{R_1} V_s (V_s = -V_{sat}) \end{array} \right\} \quad (1.7)$$

Para terminar, indicar unas relaciones importantes para el diseño de los comparadores: $V_{DS} - V_{DI}$ representa el ancho de la histéresis y la semisuma representa el valor central de la histéresis.