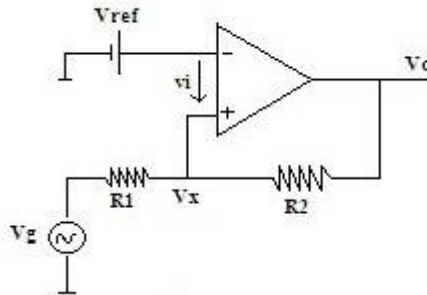


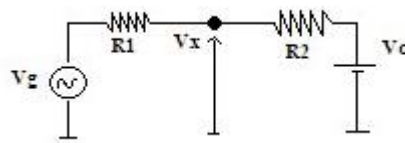
CIRCUITO COMPARADOR CON HISTÉRESIS (*Schmitt Trigger*)

El circuito de la figura corresponde a un **Comparador con Histéresis**, también denominado **Schmitt Trigger**. El amplificador operacional se encuentra alimentado entre $+V_{cc}$ y $-V_{cc}$. Nótese que el amplificador operacional no recibe retroalimentación negativa y en cambio tiene retroalimentación positiva a través de R_2 . En el comparador con histéresis, la salida del amplificador operacional oscila entre los dos estados de saturación posibles, $+V_{cc}$ y $-V_{cc}$, según los valores que tome la señal de entrada V_g en relación a la tensión de referencia V_{ref} , y a los valores de la red resistiva R_1 y R_2 .



En un amplificador operacional, cuando se cumple $V_i = (V_+ - V_-) < 0$, la salida V_o satura negativamente ($V_o = -V_{cc}$); por otra parte si $V_i = (V_+ - V_-) > 0$ entonces la salida V_o satura positivamente ($V_o = +V_{cc}$).

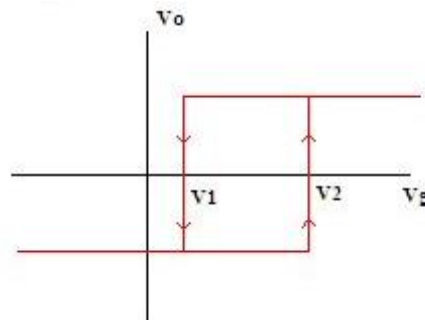
De acuerdo con el circuito anterior, $V_i = V_x - V_{ref}$. Para determinar V_x utilizamos el circuito equivalente que se muestra a continuación:



Aplicando el teorema de superposición resulta:

$$V_x = (V_g \cdot R_2 / (R_1 + R_2)) + (V_o \cdot R_1 / (R_1 + R_2)) \quad [1]$$

Para analizar el comparador suponemos un estado inicial en saturación negativa ($V_o = -V_{cc}$) y que V_g es una señal variable que está aumentando desde valores negativos, de modo que se cumple $V_x < V_{ref}$. La Figura siguiente muestra la relación entre V_o y V_g :



Reemplazando en [1] la condición de saturación negativa, $V_o = -V_{cc}$, resulta:

$$V_x = (V_g \cdot R_2 / (R_1 + R_2)) - (V_{cc} \cdot R_1 / (R_1 + R_2))$$

reemplazando V_x en V_i se obtiene:

$$V_i = (V_g \cdot R_2 / (R_1 + R_2)) - (V_{cc} \cdot R_1 / (R_1 + R_2)) - V_{ref}$$

La condición $V_o = -V_{cc}$ exige $V_i < 0$, por lo tanto, mientras se cumpla

$$(V_g \cdot R_2 / (R_1 + R_2)) - (V_{cc} \cdot R_1 / (R_1 + R_2)) - V_{ref} < 0$$

que equivale a

$$V_g < (V_{ref} \cdot (R_1 + R_2) / R_2) + (V_{cc} \cdot R_1 / R_2)$$

el comparador se mantendrá en el estado de saturación negativa ($V_o = -V_{cc}$)

Dado que V_g crece desde valores negativos, cuando V_g alcanza el valor crítico

$$V_2 = (V_{ref} \cdot (R_1+R_2) / R_2) + (V_{cc} \cdot R_1 / R_2)$$

se produce la conmutación del comparador, desde saturación negativa ($V_o = -V_{cc}$) hacia saturación positiva ($V_o = +V_{cc}$), como muestra la gráfica anterior. Mientras V_g se mantenga por encima del valor crítico V_2 , el amplificador operacional mantiene el valor de saturación positiva $V_o = +V_{cc}$, con $V_x > V_{ref}$.

Supongamos que la señal variable V_g disminuye desde valores positivos ($V_g > V_2$), estando el amplificador en saturación positiva ($V_o = +V_{cc}$). Sustituyendo en [1] obtenemos una expresión diferente para V_x :

$$V_x = (V_g \cdot R_2 / (R_1+R_2)) + (V_{cc} \cdot R_1 / (R_1+ R_2))$$

al reemplazar V_x en V_i , ahora se obtiene:

$$V_i = (V_g \cdot R_2 / (R_1 + R_2)) + (V_{cc} \cdot R_1 / (R_1 + R_2)) - V_{ref}$$

A diferencia del tratamiento anterior, en saturación positiva la condición $V_o = +V_{cc}$ exige $V_i > 0$, por lo tanto, mientras se cumpla

$$(V_g \cdot R_2 / (R_1 + R_2)) + (V_{cc} \cdot R_1 / (R_1 + R_2)) - V_{ref} > 0$$

que equivale a

$$V_g > (V_{ref} \cdot (R_1+R_2) / R_2) - (V_{cc} \cdot R_1 / R_2)$$

el comparador se mantendrá en el estado de saturación positiva ($V_o = +V_{cc}$)

Dado que V_g disminuye desde valores positivos, cuando V_g alcanza el valor crítico

$$V_1 = (V_{ref} \cdot (R_1+R_2) / R_2) - (V_{cc} \cdot R_1 / R_2)$$

se produce la conmutación del amplificador operacional desde saturación positiva ($V_o = +V_{cc}$) a saturación negativa ($V_o = -V_{cc}$).

Si se excita un comparador con histéresis con una oscilación variable V_g , cuyos valores mínimo y máximo caigan respectivamente más allá de los extremos del intervalo [V_1 ; V_2], la salida del comparador toma alternativamente uno de ambos estados de saturación:

$$V_o^+ = -V_{cc} \text{ y } V_o^- = +V_{cc}$$

los cambios de estado se producen, respectivamente, cuando V_g excede V_2 (conmuta a saturación negativa) y cuando V_g cae por debajo de V_1 (conmuta a saturación positiva).

Se denomina ancho de histéresis H a la diferencia $V_2 - V_1$:

$$H = 2 \cdot V_{cc} \cdot R_1 / R_2$$

Los valores de conmutación V_1 y V_2 son, respectivamente:

$$V_1 = V_m - H \text{ y } V_2 = V_m + H$$

donde $V_m = V_{ref} \cdot (R_1+R_2) / R_2$