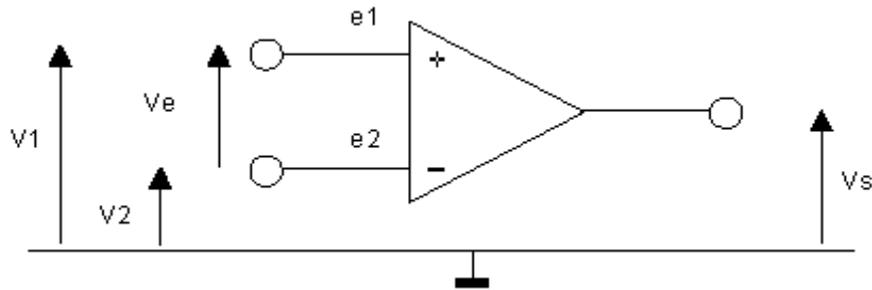


CIRCUITOS COMPARADORES

El amplificador operacional es básicamente un amplificador de tensión con la particularidad de tener dos entradas, y amplificar solo la señal diferencia entre ellas. El siguiente esquema representa un amplificador operacional:



El amplificador operacional (AO) amplifica la tensión V_e con una ganancia "a" produciendo una tensión de salida V_s .

$$V_s = a \cdot V_e$$

$$V_e = (V_2 - V_1)$$

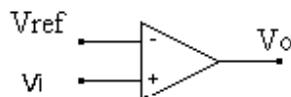
Las entradas 1 y 2 pueden alimentarse por dos tensiones referidas a masa, V_1 y V_2 , o por una tensión flotante V_e , aplicada directamente entre e_1 y e_2 . La tensión de salida V_s , referida a masa, está en fase con la tensión de entrada V_1 y en contrafase con la tensión de entrada V_2 . Las tensiones V_1 , V_2 y V_s se llaman tensiones de modo común, mientras que V_e es una tensión diferencial.

Con estos conceptos haciendo una de las entradas igual a una tensión de referencia, una pequeña variación de tensión respecto a esta, aplicada en el otro terminal hará pasar a saturación al AO. El sentido de dicha saturación corresponderá al signo de la diferencia de tensión entre las entradas (dando a la salida una tensión $\pm V_{cc}$, saturación positiva o negativa respectivamente).

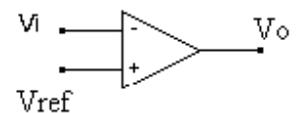
Aquellos circuitos que responden a este esquema de funcionamiento reciben el nombre genérico de COMPARADORES.

En algunas ocasiones se requiere además que el paso de saturación negativa a positiva se realice con una tensión común de entrada diferente al paso inverso de saturaciones. Este tipo de circuitos recibe el nombre de COMPARADORES CON HISTÉRESIS y se distinguen de los anteriores en que existe una realimentación al terminal no inversor. A los comparadores con histéresis también se suelen llamar SMITH TRIGGER.

Existen diversos tipos de comparadores siendo posible realizar una primera clasificación teniendo en cuenta cual es el terminal en que se aplica la señal V_i a controlar, podrán ser: INVERSORES y No-INVERSORES.



no inversor

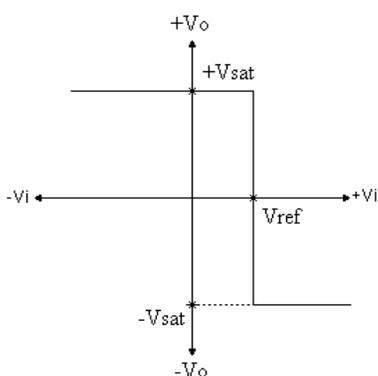


inversor

Transferencia de salida en un **Circuito inversor**

$V_i < V_{ref}$ entonces $V_o = +V_{sat}$

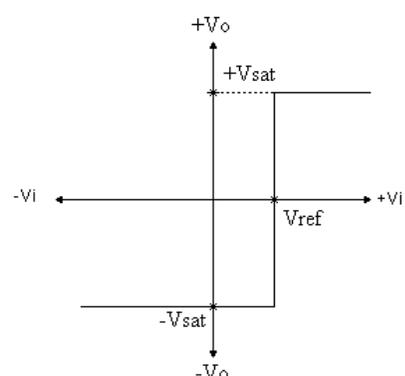
$V_i > V_{ref}$ entonces $V_o = -V_{sat}$



Transferencia de salida en un **Circuito no inversor**

$V_i < V_{ref}$ entonces $V_o = -V_{sat}$

$V_i > V_{ref}$ entonces $V_o = +V_{sat}$

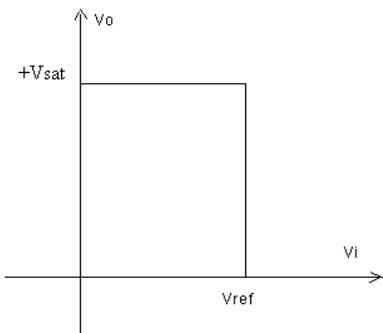


Es posible que $-V_{sat}$ sea nula, en este caso será:

Circuito inversor

$V_i < V_{ref}$ entonces $V_o = +V_{sat}$

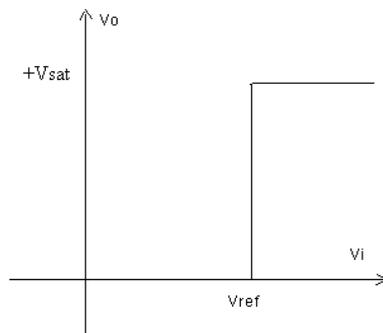
$V_i > V_{ref}$ entonces $V_o = 0$



Circuito no inversor

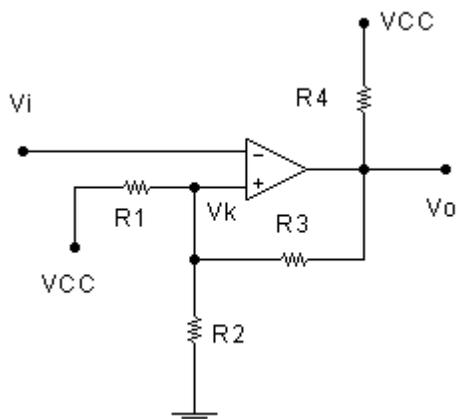
$V_i < V_{ref}$ entonces $V_o = 0$

$V_i > V_{ref}$ entonces $V_o = +V_{sat}$

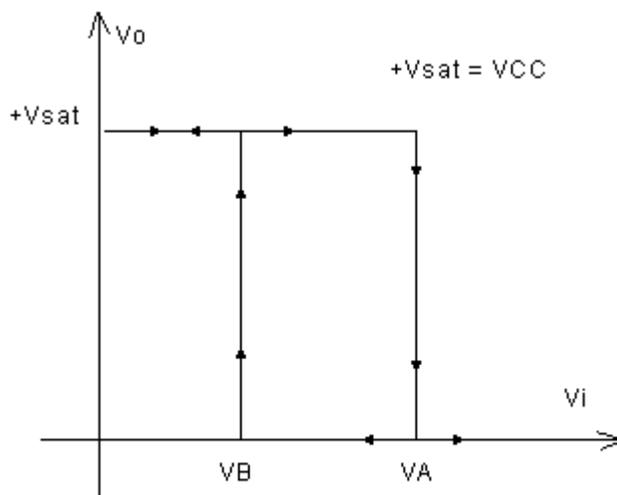


Comparador inversor con histéresis

NOTA: Consideraremos de aquí en más el caso en que $-V_{sat} = 0$ ya que es el más común.



Si $V_i < V_K$ entonces $V_o = VCC = "1"$
 Si $V_i > V_K$ entonces $V_o = 0 = "0"$

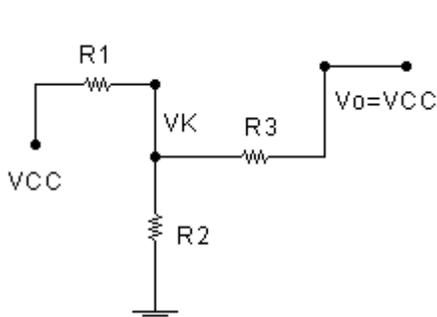


Transferencia

NOTA: La clave de este circuito es cambiar la tensión de referencia para lograr el ciclo de histéresis.

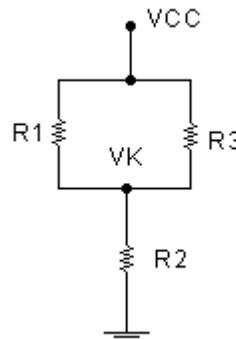
Cálculo de V_A

Si $V_o = VCC = "1"$ el circuito queda:



En este caso $V_K = V_A$

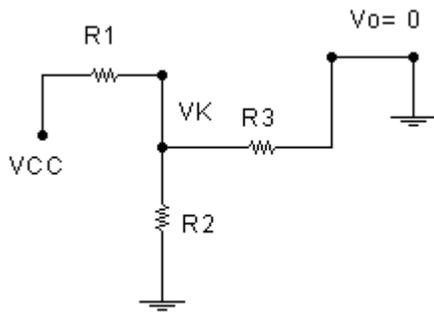
o lo que es equivalente



$$V_A = \frac{VCC \cdot R2}{(R1/R3) + R2}$$

Cálculo de V_B

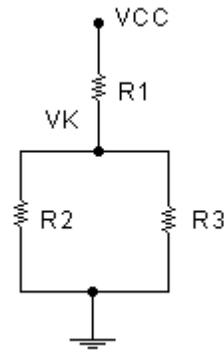
Si $V_o = 0 = "0"$ el circuito queda:



En este caso $V_K = V_B$

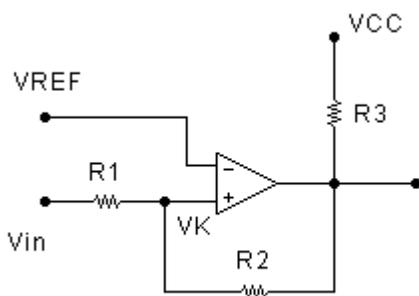
$$V_B = \frac{V_{CC} \cdot (R_2 // R_3)}{R_1 + (R_2 // R_3)}$$

o lo que es equivalente



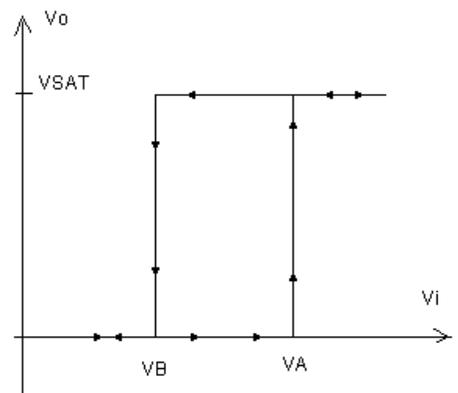
De esta manera se logra el comportamiento mostrado en la transferencia.

Comparador NO - inversor con histéresis



Si $V_K < V_{REF}$ entonces $V_o = "0" = 0 \text{ v}$

Si $V_K > V_{REF}$ entonces $V_o = "1" = V_{CC} = V_{SAT}$



Transferencia

NOTA: El circuito cambia el valor de V_i necesario para obtener V_K , logrando el ciclo de histéresis.

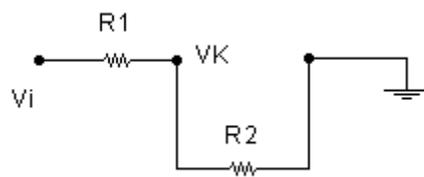
Cálculo de V_A

Cuando V_i varía desde 0v a V_A , el cambio de la salida V_o desde 0v a V_{SAT} se produce para un $V_K = V_{REF}$.

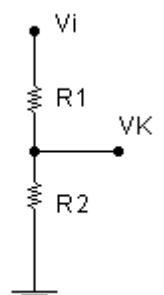
Durante esta variación $V_o = "0" = 0 \text{ v}$.

Así podemos plantear que cuando $V_i = V_A$ entonces llega V_K a V_{REF} .

En esa condición límite:



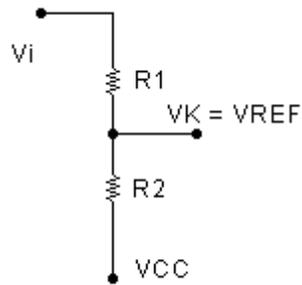
El V_i despejado será V_A



$$V_i = \frac{V_{REF}}{R_2} \cdot (R_1 + R_2) = V_A$$

Cálculo de V_B

Cuando V_i varía de V_{CC} a V_K , el cambio se produce para un $V_K = V_{REF}$, siendo durante esa variación $V_O = "1" = V_{CC}$. Podemos plantear para esa condición límite:



$$VCC - I \cdot R2 = VREF \quad \text{donde}$$

$$I = \frac{VCC - Vi}{R1 + R2} \quad \text{reemplazando}$$

Es posible despejar Vi que en este caso será VB.

NOTA: Vi solo puede ser menor o igual a VCC

$$Vi = VCC - \frac{(VCC - VREF)}{R2} \cdot (R1 + R2) = VB$$

Entonces para fijar los valores de VA y VB requeridos se deben seleccionar adecuadamente los valores de VREF, R1 y R2.

Si bien es posible realizar los circuitos comparadores antes explicados con cualquier operacional, existen en el mercado CI que reúnen características adecuadas para ser empleados específicamente para dicha función. Por ejemplo el LM339, que incluye 4 comparadores.