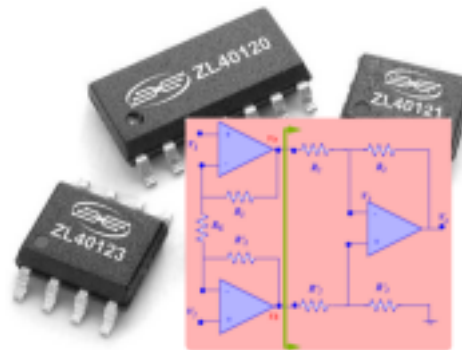




Electrónica Analógica

Capítulo 8: **A. Operacionales.**

Aplicaciones en Zona No-Lineal.





- ❑ Material de estudio:
 - Malik, capítulo 2:
 - *Sección 2.6*
 - Hambley, capítulo 12:
 - *Sección 12.1*
 - Sedra-Smith, capítulo 12:
 - *Dentro de la sección 12.4*



Índice:



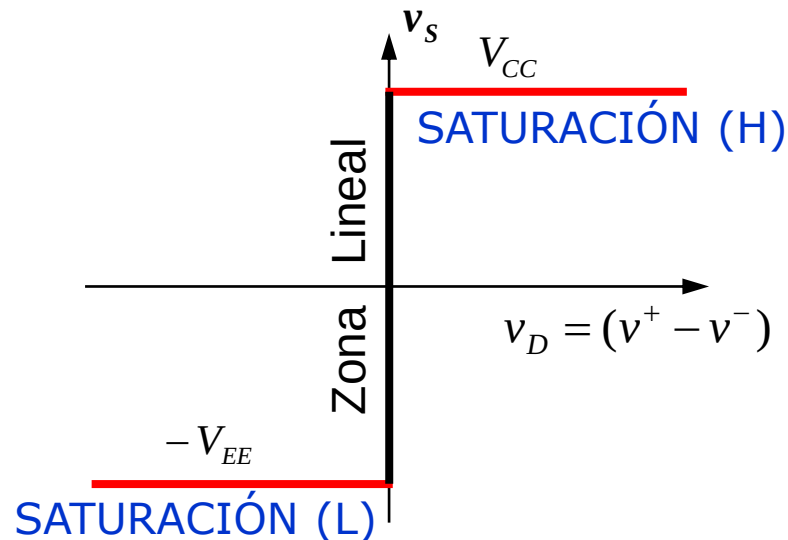
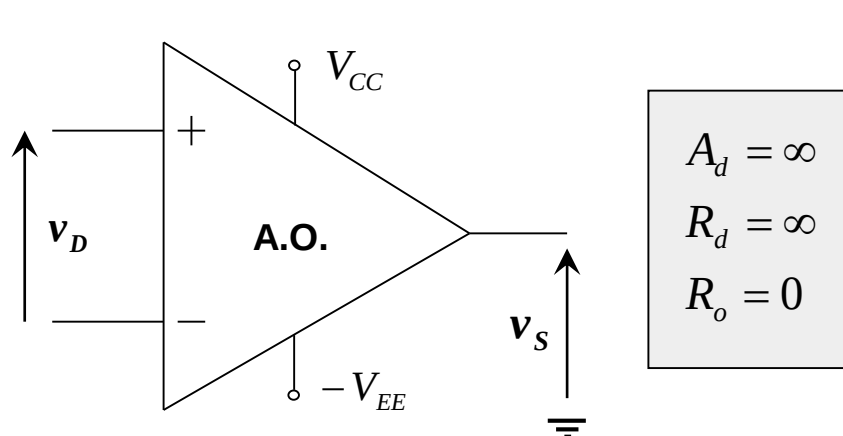
1. Introducción.
2. El A.O. en “lazo abierto” (sin Realimentación)
 - Comparadores simples.
 - El problema de las señales con ruido.
3. El A.O. con Realimentación Positiva.
 - Comparadores con histéresis.
4. Comparadores reales
 - Un ejemplo: el LM 339



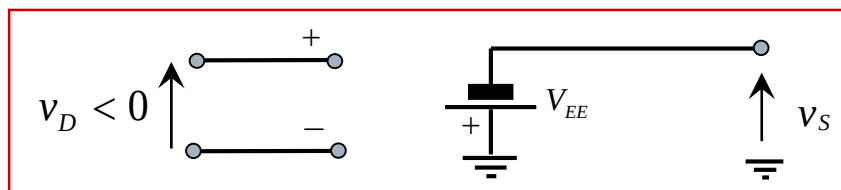
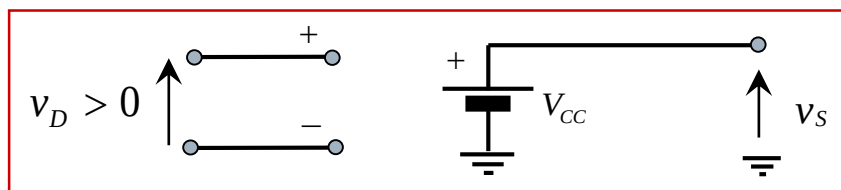
1. Introducción



- ❑ El AO en Zona No-Lineal: modelos y condiciones de trabajo
 - Para el trabajo en esta zona, consideraremos el AO **ideal**.



Modelos en las zonas de saturación:



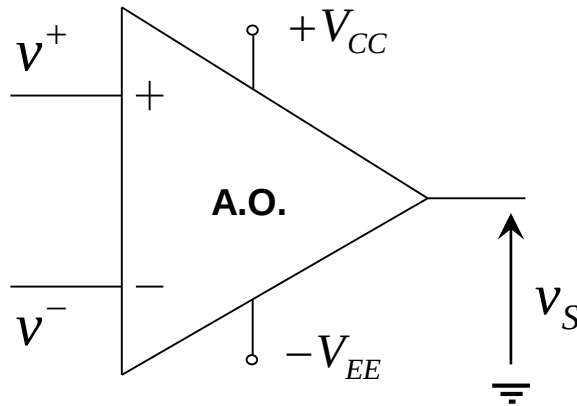
- ❑ en ZONA LINEAL (solo con R^-)
- ❑ en **SATURACIÓN** (sin R^- o con R^+)
 - ✓ $v_S = +V_{CC}$ si $v^+ > v^-$ ($v_D > 0$)
 - ✓ $v_S = -V_{EE}$ si $v^- > v^+$ ($v_D < 0$)



2. El A.O. en lazo abierto (sin $Re.$)



- ❑ Si el AO *no tiene Realimentación* sólo puede trabajar en las zonas de saturación:



$$v_S = \begin{cases} H = +V_{CC} & \text{si } v^+ > v^- \\ L = -V_{EE} & \text{si } v^- > v^+ \end{cases}$$

$v^+ = v^- \rightarrow \text{inestable} \Rightarrow \text{conmutación}$

Aplicación típica. Se tienen dos estados estables (H y L), y un valor dado de conmutación o **comparación:** $v^+ = v^-$

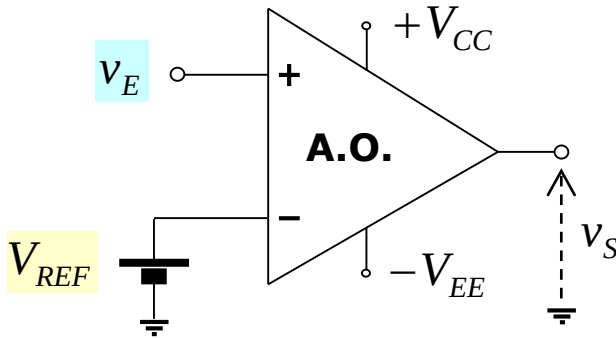
- ❑ COMPARADOR SIMPLE
- ❑ CAMBIADOR DE FORMA DE ONDA
cualquier entrada se convierte a una señal de salida cuadrada de niveles H y L iguales a V_{CC} y $-V_{EE}$



2. Comparador simple (tipo no-inversor)

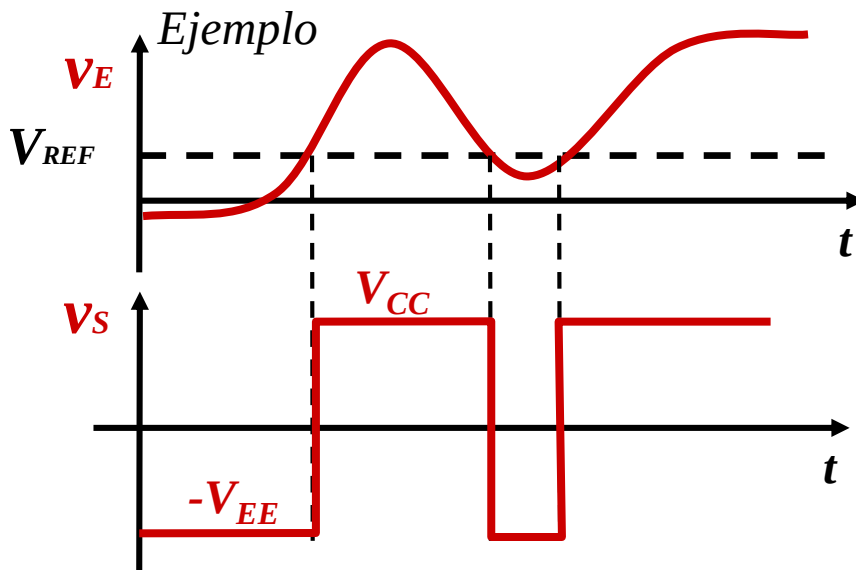


- Un comparador se caracteriza por su **función de transferencia**
 - El comparador simple sólo tiene una tensión de conmutación $H \leftrightarrow L$



Análisis:

$$v_S = \begin{cases} (H) & +V_{CC} \text{ si } (v^+ > v^-) \\ & \rightarrow \text{esto es, con: } (v_E > V_{REF}) \\ (L) & -V_{EE} \text{ si } (v^+ < v^-) \\ & \rightarrow \text{con: } (v_E < V_{REF}) \end{cases}$$



Si $(v_E > V_{REF})$, $v_S = +V_{CC}$

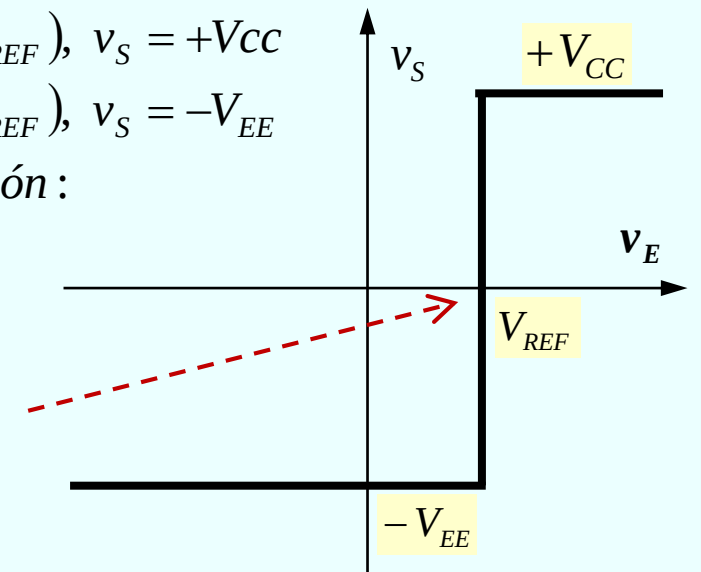
Si $(v_E < V_{REF})$, $v_S = -V_{EE}$

Conmutación:

$$v^+ = v^-$$

↓

$$v_E = V_{REF}$$

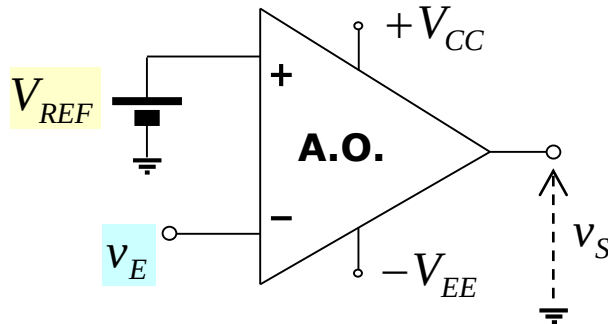




2. Comparador simple (tipo inversor)

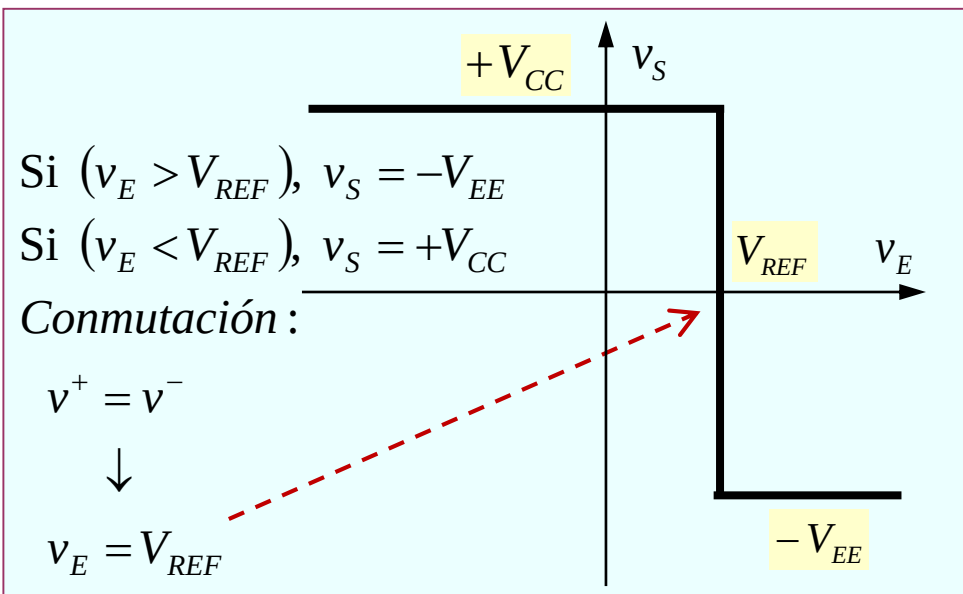
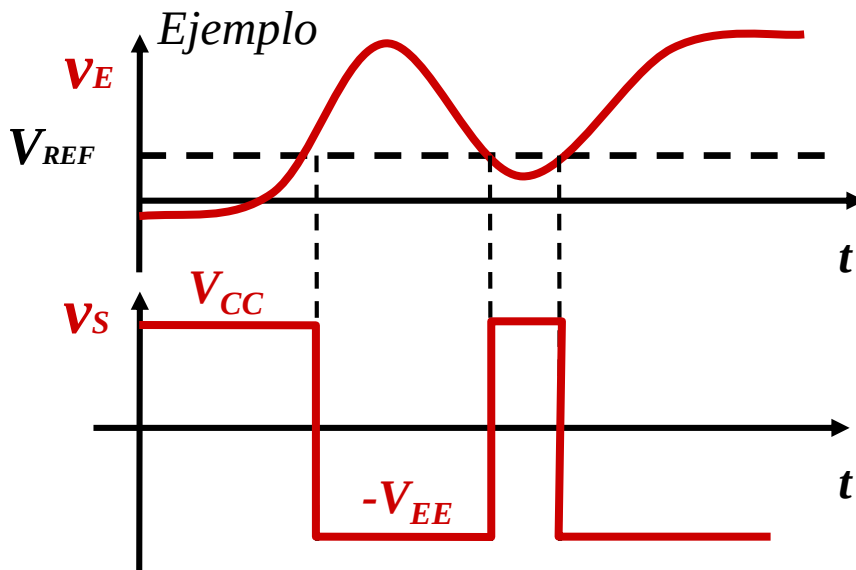


- El sentido (inversor o no) de la f. de t. lo fija la conexión de entrada
 - Se obtiene una función ***inversora*** colocando v_E en la entrada (-)



Análisis:

$$v_S = \begin{cases} (H) & +V_{CC} \text{ si } (v^+ > v^-) \\ & \rightarrow \text{esto es, con: } (v_E < V_{REF}) \\ (L) & -V_{EE} \text{ si } (v^+ < v^-) \\ & \rightarrow \text{con: } (v_E > V_{REF}) \end{cases}$$

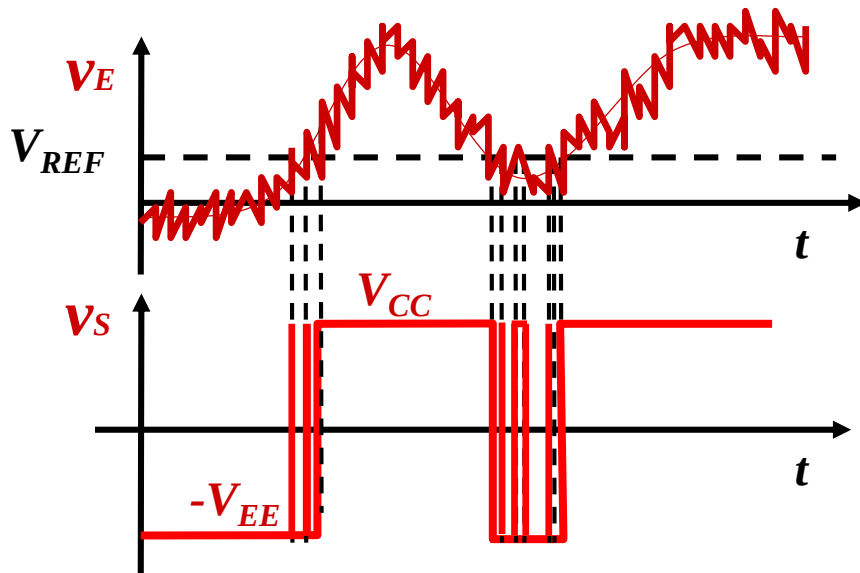
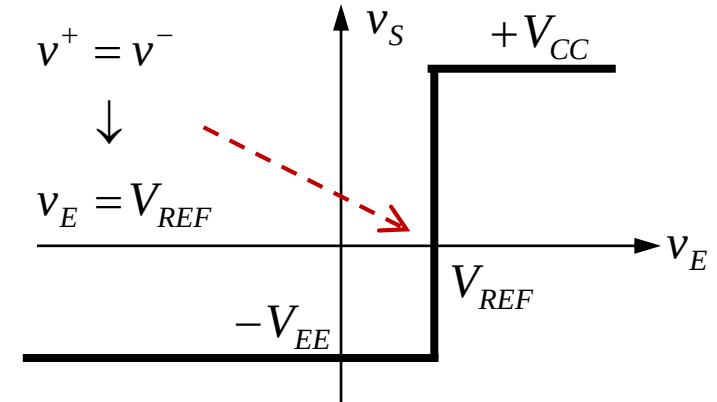
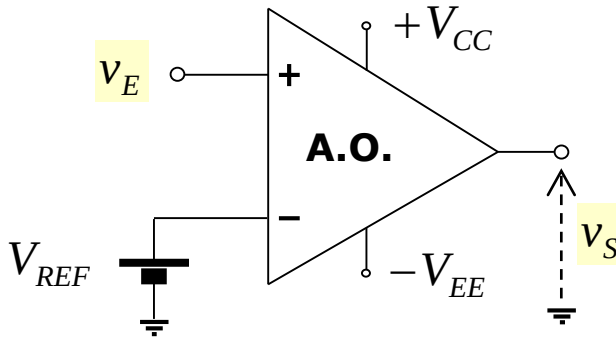




2. El problema del ruido



- Puede surgir por tener una única tensión de conmutación
 - Si la señal de entrada es ruidosa, la salida tampoco es *limpia*



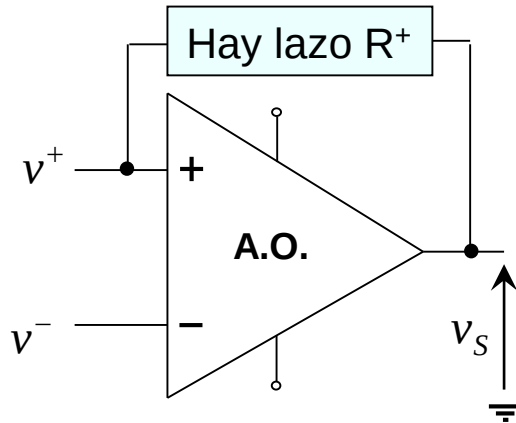
- Señal de entrada, v_E , con un **ruido** superpuesto:
 - La conmutación se produce cada vez que v_E cruza la V_{REF} .
 - Este efecto puede ser **molesto e indeseado**.
- **Solución** a este problema
 - Se usa **R⁺** para reforzar los cambios.



3. Comparadores con histéresis



- ❑ Necesariamente han de tener realimentación positiva



$$v_S = \begin{cases} V_{CC} & \text{si } (v^+ > v^-) \\ -V_{EE} & \text{si } (v^- > v^+) \end{cases}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Conmutación en :} \\ v^+ = v^- \\ \text{Además, por la } R^+ : \\ v^+ = f(v_S) \end{array} \right\} \Rightarrow$$

- ❑ Como v_S , tiene **DOS** valores (H y L)...
- ❑ habrá **DOS** valores de conmutación diferentes

Aplicaciones típicas:

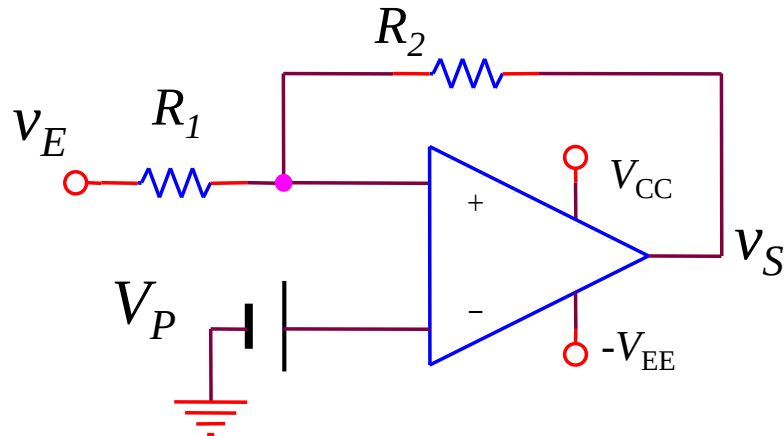
- ❑ COMPARADORES con HISTÉRESIS
 - Reducen los efectos del ruido en las señales de entrada.
 - Esta estructura aparece en las entradas digitales tipo *Trigger Schmitt*.
- ❑ EN GENERADORES DE FORMA DE ONDA
 - Usan además elementos de carga/descarga, con C's, L's, etc.
 - Se estudiarán en su momento.



3. Comparador con histéresis (no-inversor)

Comparador con Histéresis (No Inversor)

A.O. con R^+ → Saturación



Conmutación en ($V^+ = V^-$)

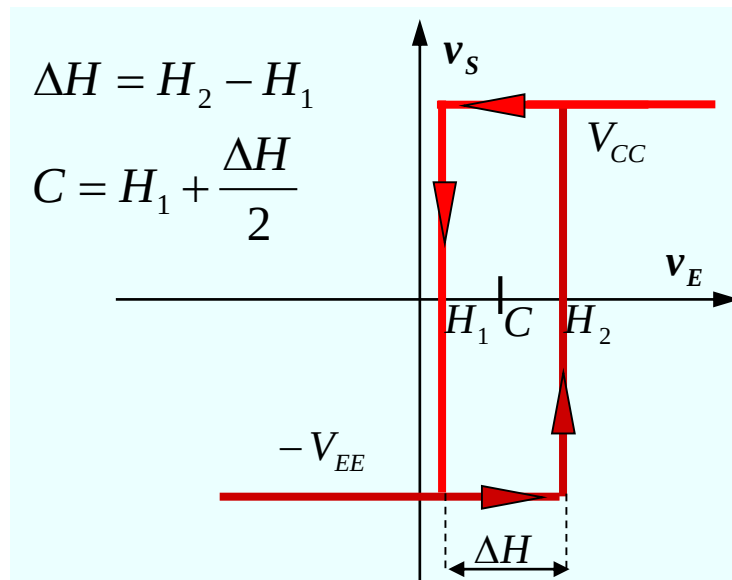
Hay que buscar las expresiones de V^+ y V^- :

$$\left. \begin{aligned} V^- &= V_P \\ V^+ &= \frac{R_2 v_E}{R_1 + R_2} + \underbrace{\frac{R_1 v_S}{R_1 + R_2}}_{\text{depende de } v_S} \end{aligned} \right\}$$

→ Cada **conmutación** ocurrirá a una tensión de **entrada diferente**, dependiendo del valor de v_S anterior: esto causa una **Histéresis** en la f. de t.

$$\text{Si } v_S = +V_{CC} \Rightarrow v_{E1} = V_P \frac{R_1 + R_2}{R_2} - \frac{V_{CC} \cdot R_1}{R_2} = H_1$$

$$\text{Si } v_S = -V_{EE} \Rightarrow v_{E2} = V_P \frac{R_1 + R_2}{R_2} + \frac{V_{EE} \cdot R_1}{R_2} = H_2$$

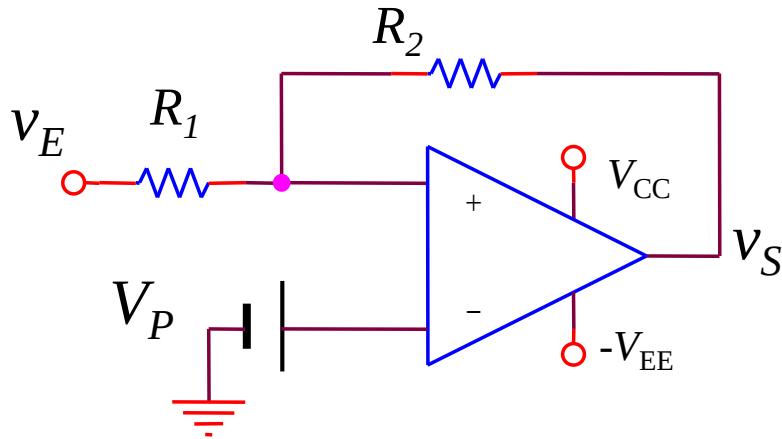




3. Comparador con histéresis

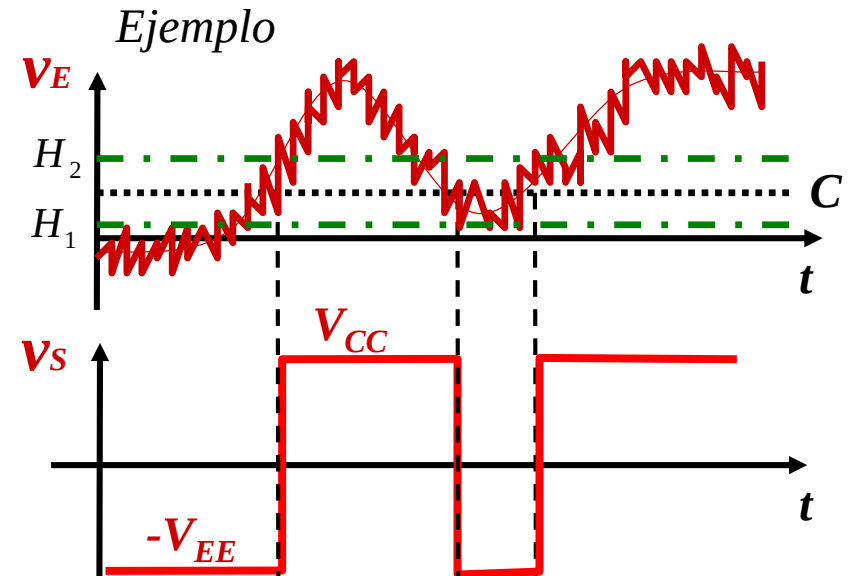
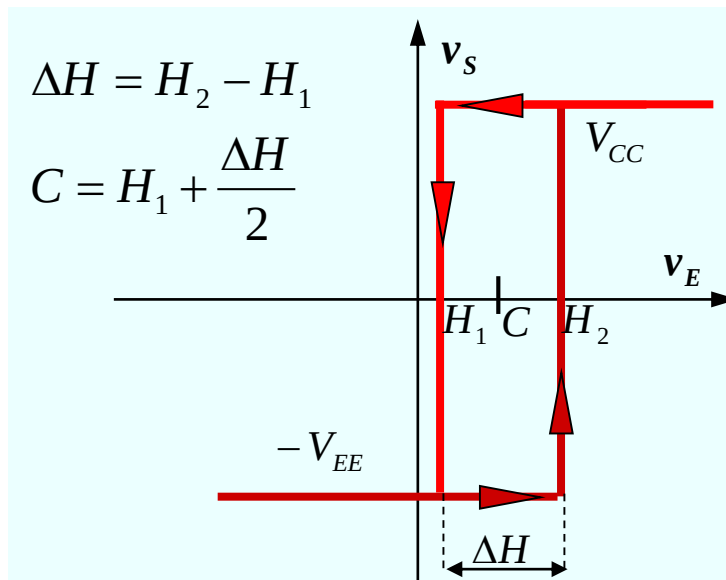


- ❑ La salida es más estable frente a entradas ruidosas



Conclusión:

- La histéresis causada por la R^+ elimina o atenúa las conmutaciones de salida indeseadas ante una señal v_E con ruido.





4. Comparadores reales



- ❑ Los comparadores son elementos importantes en Electrónica
 - Sirven de *punto* entre el mundo analógico y el digital*.
- ❑ Los AO's no son buenos comparadores
 - Para ser buenos amplificadores, se limita su respuesta en t (SR)...
 - ...y la limitación de SR hace que la salida no conmute con rapidez.
- ❑ Existen circuitos especiales destinados para ser comparadores
 - Diseñados específicamente para esta tarea.
 - Similares a los AO's pero sin sus límites de velocidad
 - Comparten símbolo (incluso sección de catálogo de fabricantes) pero no pueden ser usados fácilmente como AO's.
- ❑ Un ejemplo típico de comparador es el LM 339
 - Su salida equivale a un 'interruptor' (*se estudiará esto en temas posteriores*)

(*) Para que los procesadores digitales operen con señales analógicas, es necesario pasarlas a niveles lógicos (H, L); estas técnicas se verán en su momento.



4. Comparador real: el LM 339



❑ Características básicas:

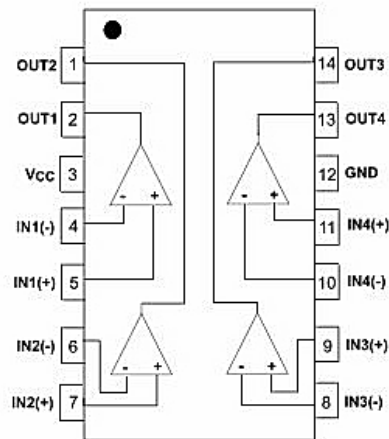
- Comparador de propósito general, tiempo de respuesta $\approx 1\mu\text{s}$
- La salida es tipo 'interruptor a masa':
 - *hay que conectar una R a +V para poder obtener los dos niveles, H y L.*
 - *Los detalles para su uso los podemos encontrar en sus data-sheet.*

LM139/LM239/LM339/LM2901/LM3302

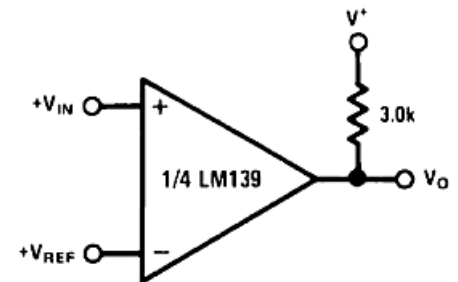
Low Power Low Offset Voltage Quad Comparators

General Description

The LM139 series consists of four independent precision voltage comparators with an offset voltage specification as low as 2 mV max for all four comparators. These were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage. These comparators also have a unique characteristic in that the input common-mode voltage range includes ground, even though operated from a single power supply voltage.



Basic Comparator



LM339 Quad IC



Conclusiones



- ❑ En este tema (*Amplificadores Operacionales*) se ha realizado un estudio bastante completo de sus características y aplicaciones.
 - Comenzar el estudio práctico de la Electrónica Analógica con el AO se justifica por su relativa facilidad de uso
 - *No es necesario conocer su estructura interna para trabajar con él*
 - *En la mayoría de los casos, trabajamos con el AO como si fuese ideal → siempre y cuando **conozcamos y respetemos sus límites prácticos***
- ❑ Las aplicaciones del AO son muy amplias
 - Trabajando en su Z. Lineal, sus propiedades permiten construir múltiples configuraciones operativas de amplificación.
 - *Bloques funcionales fácilmente interconectables*
 - *Existe una amplia bibliografía de Aplicaciones con AO's.*
 - Trabajando en su Z. No-Lineal pueden realizarse funciones de comparación
 - *En este caso, familias especiales de dispositivos se diseñan para desarrollar mejor tales funciones.*



Control de revisiones.



- 2015-10-21: versión del contenido, sin cambios desde esta fecha. Cambiada la referencia del capítulo al número 8, según el plan del curso 2016-17.